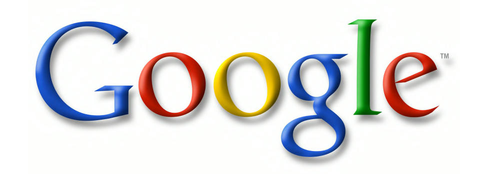




ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

EINUNDVIERZIGSTER BAND.

MIT 5 TAFELN UND 60 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1887.

VERLAG VON EMIL STRAUSS.

Inhalt.

Ueber die Theorie des simultanen Contrastes von Helmholtz.

Von

Ewald Hering,
Professor der Physiologie an der deutschen Universität in Prag.

II. Mittheilung[1]).

Der Contrastversuch von H. Meyer und die Versuche am Farbenkreisel.

Wenn Jemand ein Gebiet von Erscheinungen, wie die des Simultancontrastes, aus einem ganz andern Gesichtspunkte betrachtet als ein früherer Forscher, so erscheint ihm die Untersuchungsmethode des letzteren vielfach unzweckmässig, Zusammengehöriges künstlich geschieden, weit auseinander Liegendes gewaltsam zusammen gebracht. Und doch kann vom Standpunkte des Anderen die Methode berechtigt und die Gruppirung der Thatsachen eine natürliche sein. Wer die Contrasterscheinungen auf falsche Urtheile zurückführt, nimmt sie von vornherein als etwas Schwankendes, von individuellen Eigenthümlichkeiten und von einer unabsehbaren Menge zufälliger Nebenumstände Bedingtes, streng bestimmten Gesetzen kaum Unterwerfbares. Fast möchte ich sagen, sie werden für ihn mehr ein Gegenstand ästhetischer als naturwissenschaftlicher Untersuchung. Die Häufung der Erklärungsprincipien hat dabei nichts Auffallendes, sondern erscheint geboten; die Auflösung eines Erscheinungscomplexes in seine Elemente und die experimentelle Variirung der Einzelfactoren, welche die Erscheinungen bestimmen, scheint in den meisten Fällen von

1) Meiner, in der ersten Mittheilung gemachten Bemerkung, dass sich der Anfänger leicht der gewinnenden Darstellung der Contrastlehre von Helmholtz gefangen gebe, ist, wie ich hörte, eine persönliche Deutung gegeben worden. Als ich dem „auf diesem Gebiete erfahrenen" Forscher den „Anfänger" gegenüberstellte, verstand ich unter letzterem jeden, der sich noch nicht durch eigene eingehende Untersuchungen über die Contrasterscheinungen die Befähigung zu selbstständigem Urtheile auf diesem Gebiete erworben hat. In dieser Lage befand ich mich selbst, als ich das erste Mal das fragliche Capitel des Handbuchs der physiologischen Optik von Helmholtz las.

vornherein aussichtslos. Dies muss man, glaube ich, im Auge behalten, um der Darstellung von Helmholtz gerecht zu werden. Schon heute, wo doch kaum ein Anfang zu einer, sich enger an die Physiologie lehnenden Untersuchung psychischer Phänomene gemacht ist, dürfte seine Darstellung selbst denen vielfach befremdend erscheinen, welche die neuen Bahnen der Sinnespsychologie nur zögernd betreten.

Dass Erfahrung und Uebung in tiefgreifender Weise die Art, in welcher wir die Aussendinge sehen, mit bestimmt, ist nie bestritten worden. Ich selbst habe der Erfahrung einen viel weitergehenden und zwingenderen Einfluss auf unsere Sinneswahrnehmungen zugeschrieben [1]), als die Theorie des Lichtsinnes von Helmholtz es fordert. Stets aber habe ich es unzulässig gefunden, die Qualitäten der Empfindungen als der eigentlichen Grundstoffe, aus welchen sich die Erscheinungswelt aufbaut, selbst als ein Product der Erfahrung hinzustellen, während sie doch das Material sind, an welchem wir unsere Erfahrungen machen.

Um den Nachweis zu führen, dass die Erscheinungen des simultanen Contrastes nicht auf physiologischer Nothwendigkeit, sondern auf falschen Urtheilen beruhen, muss Helmholtz überall da, wo deutlicher Simultancontrast zu beobachten ist, bemüht sein, die Umstände so abzuändern, dass zwar die den Contrast bewirkende (inducirende) objective Farbe nach wie vor da ist, die subjective Contrastfarbe aber undeutlich wird oder verschwindet. Dies läuft nun ganz von selbst immer darauf hinaus, dass Bedingungen herbeigeführt werden, unter welchen schwache Färbungen überhaupt unbemerklich werden, und Helmholtz übersieht dabei ganz, wie leicht es ist, auch kleine objectiv bedingte Farben- oder Helligkeitsunterschiede durch Einführung störender Nebenumstände unmerklich zu machen.

Ein schwacher Fett- oder Schmutzfleck z. B. auf einem grauen Wollstoff kann, aus bestimmter Entfernung gesehen, ganz deutlich erscheinen, nähert man aber das Auge, so dass das Gefüge der Fäden, die Fasern des Stoffes, ihre vielleicht verschiedene Färbung, kurzum alle Ungleichheiten, Erhebungen und Vertiefungen, helle und beschattete Stellen, gerade und krumme, schwarze und weisse Fasern immer deutlicher hervortreten, dann wird bald der

1) Das Gedächtniss als eine Function der organischen Materie, 1870.

Fleck nicht mehr zu unterscheiden sein. Selbst ein Fleck, der, aus gewöhnlicher Sehweite betrachtet, sehr auffallend ist, wird nicht mehr erkannt, wenn man seine Grenzen mit einer schwachen Loupe aufsuchen will, es sei denn, dass der den Fleck erzeugende Stoff nicht diffus vertheilt ist, sondern aus einzelnen Körnchen besteht oder nur an einzelnen Fasern des Gewebes haftet. Auch ein in allen seinen Fasern gleichartiger und gleichfarbiger Stoff wird bekanntlich um so leichter fleckig und ist, wie man zu sagen pflegt, um so empfindlicher, je feiner sein Gewebe ist, je homogener also schon aus geringer Entfernung seine Oberfläche erscheint.

Ein sehr schwaches, nur verwaschen umgrenztes Nachbild, das man gleichwohl bei feststehendem Auge auf einer ganz ebenen und ganz homogenen Fläche sehr leicht bemerkt, lässt sich auf einer rauhen, zahlreiche kleine Ungleichartigkeiten zeigenden Fläche nicht mehr wahrnehmen. Das Nachbild ist ebenfalls die Folge einer Contrastwirkung und zwar einer successiven, und die subjective Färbung, in welcher an der bezüglichen Stelle die betrachtete Fläche erscheint, ist ein Phänomen ganz analoger Art, wie die subjective Färbung, welche durch simultanen Contrast entstehen kann.

Diese Beispiele sollen lediglich zeigen, wie leicht schwache Verschiedenheiten des Erregungszustandes der Einzeltheile des Sehorganes im Gesichtsfelde untermerklich werden können, wenn die Fläche, auf welcher der kleine Farben- oder Helligkeitsunterschied bemerkbar werden sollte, gleichzeitig mancherlei anderes Unterscheidbares darbietet und entsprechende Ungleichartigkeiten des Netzhautbildes erzeugt.

Einen kleinen Helligkeits- oder Farbenunterschied zweier weissen, grauen oder farbigen Papiere mit Sicherheit festzustellen ist unmöglich, wenn die beiden Papiere ein verschiedenes Korn haben oder das eine eben, das andere uneben ist, sofern man nicht dafür sorgt, dass das Korn oder die Unebenheiten der Papiere unsichtbar werden.

Wenn zwei Theile einer Fläche für das Auge durch nichts anderes von einander verschieden sind, als durch ihre Farbe oder Helligkeit, und wenn diese Theile unmittelbar an einander grenzen, ist unser Wahrnehmungsvermögen für kleine Helligkeits- und Farbenunterschiede bekanntlich das grösste. Es wird sogleich geringer, wenn beide Flächentheile durch irgend etwas drittes

Unterscheidbares z. B. durch einen schwarzen Strich getrennt sind, oder wenn ausser den beiden verschiedenen Färbungen sich noch anderweites Unterscheidbares auf der Fläche vorfindet.

Ein ausgezeichnetes Mittel, um ganz gleichartige Flächen herzustellen, auf denen thatsächlich gar nichts anderes zu sehen ist, als ihre Farbe, bietet uns der Farbenkreisel. Sobald eine Papierscheibe auf ihm rotirt, verschwinden alle kleinen Unebenheiten und Ungleichartigkeiten des Papiers und wir sehen auf demselben nichts als lediglich seine Farbe. Wer die Farbe eines Papiers sozusagen im idealen Zustande sehen will, bringe dasselbe auf den Farbenkreisel. Ich setze dabei natürlich voraus, dass das Papier entweder ganz matt ist oder, wenn es irgendwie geglättet und also mehr oder minder spiegelnd ist, das Auge so gestellt wird, dass eine ganz gleichartige schwarze Fläche, z. B. von Sammt, sich an dem Orte befindet, von welchem Lichtstrahlen kommen müssten, um von dem Papier in unser Auge gespiegelt zu werden. Es ergiebt sich auf dem Kreisel zugleich der Vortheil, dass die rotirende Papierscheibe sich ganz von selbst in eine genaue Ebene legt, so dass die durch Biegungen des Papiers bedingten Helligkeitsunterschiede ganz verschwinden.

Hält man neben eine rotirende Papierscheibe genau in dieselbe Ebene eine zweite Scheibe, welche aus demselben Papiere geschnitten ist, so erscheinen sie in vielen Fällen sehr merklich verschieden, sowohl in der Helligkeit als im Tone und in der Sättigung ihrer Farbe. Ich besitze z. B. ein rothes und ein grünes sogenanntes Blumenpapier, welche eine etwas wellige Oberfläche haben. Dieselben scheinen auffallend verschiedenfarbig, je nachdem sie rotiren oder unbewegt sind.

Graue Papiere haben fast immer einen Stich in irgend welche Farbe. So lange man nun ihr Korn sieht, ist die Farbe kaum zu bestimmen, sobald sie rotiren erkennt man dieselbe sofort. Andererseits können uns zwei graue Papiere von verschiedenem Korne in merklich verschiedener Farbe und Helligkeit erscheinen und doch auf dem rotirenden Kreisel ganz gleich werden, wenn man eine kleinere Scheibe des einen auf eine grössere Scheibe des anderen Papieres legt und beide rotiren lässt. Auch die Helligkeits- und Farbenverschiedenheit zweier in dieser Weise auf dem Kreisel nebeneinander erscheinenden, z. B. weissen Papiere, ist bisweilen kaum zu bestimmen, so lange der Kreisel noch un-

bewegt ist, tritt aber sofort auffallend hervor, sobald er rotirt. Hierbei muss, wenn die Papiere durchscheinend sind, dafür Sorge getragen werden, dass beide auf einer ganz undurchsichtigen weissen Unterscheibe, z. B. von Baryt- oder Kreidepapier liegen.

Hält man vor ein rotirendes weisses, graues oder farbiges Papier ein Schnitzel desselben Papiers so, dass der Schatten des Schnitzels seitwärts auf die Scheibe oder über dieselbe hinausfällt und die Vergleichung nicht stört, so ist es unmöglich, die Identität beider Papiere festzustellen, so lange man für das Schnitzel accommodirt ist, man mag dasselbe noch so viel hin- und herwenden, um es unter dasselbe Beleuchtungsverhältniss wie die rotirende Scheibe zu bringen.

Hat man eine ganze Reihe solcher Schnitzel von verschiedenen weissen Papieren, so ist es bei geringen Verschiedenheiten derselben ebenfalls unmöglich, mit Sicherheit das zum Papiere der Scheibe gehörige herauszufinden. Lässt man solche Versuche mit einem Sortiment nicht allzuverschiedener grauer oder farbiger Papiere von ungefähr gleicher Farbe von Jemand anstellen, der die Unmöglichkeit brauchbarer Vergleichungen unter solchen Umständen noch nicht kennt, so begeht er die grössten Fehler. Erst wenn man das Auge so weit von dem Schnitzel entfernt, dass alle an ihm bisher erkennbaren Einzelheiten und seine Umrisse völlig verschwinden, gelingt es, die Identität der Farbe und Helligkeit mit ziemlicher Genauigkeit festzustellen.

Es ist auch nicht möglich, zwischen einem frei in der Luft gehaltenen Papierschnitzel und einem dahinter befindlichen, nicht rotirenden Blatte von demselben Papiere eine so genaue Vergleichung zu machen, dass man die Identität der Farbe beider Papierstücke sicher feststellen könnte, so lange man die Umrisse des Schnitzels ganz deutlich sieht. Dies ist besonders dann erschwert, wenn die Lage des Papiers und des Schnitzels in Bezug auf das Auge derart sind, dass man nicht für beide zugleich accommodirt sein kann. Ist das Schnitzel dem Auge wesentlich näher als das Blatt und entspricht seine Lage dem jeweiligen Refractionszustande des Auges, so wird in den meisten Fällen das Blatt jenseits der Accommodationslinie liegen. Sieht man also das Korn und die sonstigen unterscheidbaren Ungleichartigkeiten des Schnitzels, so erscheint das Blatt gleichartiger in der Färbung, weil man nicht für dasselbe accommodirt ist. Ist man aber für das Blatt accom-

modirt, so erscheint wieder das Schnitzel anders. Aber auch wenn die Entfernungsverschiedenheit der beiden Papiere nicht wesentlich in Betracht kommt, ist doch eine ganz genaue Vergleichung unmöglich. Man kann das Schnitzel, wenn es nicht etwa an einem Träger befestigt ist, nicht so sicher mit der Hand halten, dass es immer zur Lichtquelle genau ebenso geneigt ist, wie das Blatt; deshalb wird es im Allgemeinen mehr oder weniger Licht ins Auge schicken als ein entsprechender Theil des Blattes. Fast immer wird ferner entweder das Schnitzel oder das Blatt leichte Biegungen haben, die die Vertheilung der Helligkeit beeinflussen. Und wenn auch dies Alles nicht wäre, so wird doch der geschnittene oder gerissene Rand des Schnitzels an der einen Stelle heller, an der anderen dunkler sein als seine Oberfläche. Wenn nichts von alledem der Fall wäre, so könnte man das Schnitzel überhaupt nicht von der Fläche des Blattes unterscheiden, kurzum es überhaupt nicht als etwas Besonderes sehen. Das blosse Urtheil, dass sich vor der Fläche des Blattes ein Papierschnitzel befindet, hilft da nicht; wenn sich das letztere nicht durch irgend welche Empfindungsunterschiede bemerklich macht, so sieht man es eben nicht. Letzteres kann wirklich eintreten, wenn Papier und Schnitzel ausserhalb des Accommodationsbereiches liegen, was man durch eine vor das Auge gesetzte Linse leicht erreichen kann, sofern man nicht schon an sich kurzsichtig ist. Sendet seine Oberfläche, abgesehen von den Rändern, genau dasselbe Licht ins Auge, wie ein gleiches Flächenstück des dahinter sichtbaren Papiers, und sind überdies in Folge mangelhafter Accommodation die Ränder des Schnitzels völlig verschwommen, so sieht man eben das Schnitzel nicht, man mag noch so viel urtheilen, dass es vorhanden ist. Da also das Schnitzel überhaupt nur insofern gesondert sichtbar ist, als es irgendwie und irgendwo eine andere Färbung oder Helligkeit zeigt, als das dahinter liegende Blatt, so wäre es unstatthaft von einem vor ein Papier gehaltenen Schnitzel, welches sich für das Auge deutlich von dem Papiere abhebt, zu behaupten, es erscheine ganz gleich wie sein Hintergrund. Wäre dies der Fall, so wäre das Schnitzel als solches nicht mehr sichtbar. In der That kann man sich leicht überzeugen, dass der nicht näher Unterrichtete, der sich von uns zu solcher Art der Farbenvergleichung bestimmen lässt, Ungleiches für gleich, Gleiches für ungleich hält und überhaupt Fehler be-

geht, wie sie bei Vergleichungen zweier Papiere auf dem Farbenkreisel auch nicht angenähert möglich sind.

Im Obigen handelte es sich um die Farbenvergleichung eines Papierschnitzels mit einem Blatte von objectiv gleich oder nur wenig anders gefärbtem Papiere. Untersuchen wir nun die Brauchbarkeit der Methode für den Fall, wo das Schnitzel zwar auch von demselben Papiere genommen ist, wie das Blatt, aber durch successiven Contrast eine andere Färbung annehmen kann, als das Blatt.

Man nehme ein Schnitzel eines beliebigen farbigen oder nicht farbigen Papiers, befestige es in horizontaler Lage mittels eines feinen Drahtes an einem Träger so über einer Tischplatte, dass man es von oben her scharf sehen kann. Unter das Schnitzel lege man auf den Tisch ein Blatt von demselben Papiere wie das Schnitzel. Letzteres orientire man nun durch entsprechende Biegung des weichen Drahtes so gegen die Lichtquelle, dass es mit dem darunter liegenden Blatte eine möglichst gleiche scheinbare Helligkeit hat, und mache auf die Mitte des Schnitzels einen schwarzen Punkt. Das Blatt bedecke man zunächst mit einer grösseren mattschwarzen Tafel von Pappe oder dergl. Nun fixire man einige Sekunden den Punkt auf dem Schnitzel, entferne sodann unter fortwährend strenger Fixirung schnell die schwarze Tafel und achte darauf, ob man einen deutlichen Unterschied in der Farbe des Schnitzels und des darunter sichtbaren Papieres bemerkt, was nicht mehr als eine oder zwei Sekunden erfordert. Hierauf entfernt man rasch auch das Schnitzel, zu welchem Zwecke die dasselbe haltende Vorrichtung sehr leicht verschiebbar oder am besten drehbar sein muss. Während der Entfernung des Schnitzels halte man das Auge ganz ruhig und fixire ruhig den Punkt des Blattes weiter, auf den der Blick nach Entfernung des Schnitzels eben fällt: sofort sieht man das negative Nachbild des Schnitzels als einen etwas dunkleren und, wenn das Papier farbig ist, zugleich weniger gesättigt erscheinenden Fleck auf dem Papiere. Mag man nun schon vor der Entfernung des Schnitzels einen geringfügigen Unterschied zwischen seiner und der Farbe des Blattes bemerkt haben oder nicht, jedenfalls sieht die Stelle des Blattes, welche dem Auge zuvor durch das Schnitzel verdeckt war, in Bezug auf Farbe und Helligkeit ganz anders aus, als das Schnitzel unmittelbar vor seiner Entfernung aussah.

Während das Schnitzel sich noch zwischen dem Auge und

dem Blatte befand, wurde die seinem Bilde entsprechende Netzhautstelle durch das von der Oberfläche des Schnitzels ausgehende Licht beleuchtet, nach Entfernung des Schnitzels empfing sie das in qualitativer und quantitativer Beziehung vermeintlich ganz ebenso beschaffene Licht von der entsprechenden Stelle des Blattes; und doch erschien die Farbe des Schnitzels ganz anders als jetzt die Farbe des Nachbildes auf dem Blatte.

Diesen Versuch muss man mehrmals anstellen und die Dauer der Fixirung des Schnitzels dabei variiren. Auch muss man ihn mit verschiedenen farbigen und farblosen Papieren wiederholen. Es ist vortheilhaft, die Vorrichtung, welche das Schnitzel hält, mit einem Anschlage zu versehen, so dass man das Schnitzel jederzeit wieder genau in seine anfängliche Lage zurückbringen kann. Dann lässt sich der Versuch auch derart umkehren, dass man, sobald man den Fleck auf dem Blatte (das negative Nachbild) eben deutlich sieht, das Schnitzel rasch wieder verschiebt und wieder seine Farbe mit der des Blattes vergleicht.

Dadurch, dass das Schnitzel sich durch einige Sekunden auf der entsprechenden Netzhautstelle abbildet, ehe noch das Blatt von gleicher Farbe sichtbar ist, wird der Zustand der entsprechenden Theile des Sehorgans ein anderer als der ihrer Umgebung. Diese Verschiedenheit bedingt dann, so bald das Blatt sichtbar und das Schnitzel entfernt wird, die Verschiedenheit der scheinbaren Farbe des sogenannten Nachbildes im Vergleich zu der des übrigen Blattes. Soweit hat die Sache nichts Auffallendes. Bemerkenswerth ist hier nur, dass die Veränderung des Zustandes der bezüglichen Theile sich nicht auch in derselben Weise bemerklich macht, wenn zwar das farbige Blatt bereits sichtbar, aber das Schnitzel noch an der alten Stelle ist.

Es ist nun für das Folgende ganz gleichgültig, wie man sich dies erklären will; die eingangs gemachten Bemerkungen bieten genug Anhalt für eine Erklärung. Hier will ich nur die Thatsache festgestellt wissen, dass das Schnitzel, wenn es als solches gesehen wird, in sehr auffallender Weise ein Hinderniss bildet, die Verschiedenheit des Zustandes der bezüglichen Netzhautstelle als einen entsprechenden Unterschied der Färbung ebenso deutlich wahrzunehmen, wie dies nach Entfernung des Schnitzels auf der Fläche des Blattes der Fall ist.

Wir haben es hier mit einer sogenannten Ermüdungserscheinung (successivem Contrast) zu thun, welche aber nur dann deutlich hervortritt, wenn das sogenannte Nachbild des Schnitzels sich auf dem farbigen Blatte entwickeln kann, während sie viel weniger oder gar nicht bemerklich ist, wenn wir sie auf dem mit jenem farbigen Papiere ganz gleichfarbigen Schnitzel beobachten wollen. Gleichwohl wird hieraus Niemand, und auch Helmholtz nicht, den Schluss ziehen wollen, dass das nach Entfernung des Schnitzels deutlich auf dem gleichfarbigen Papiere sichtbare Nachbild nicht physiologisch begründet, sondern nur das Ergebniss eines falschen Urtheils sei.

Wenn aber unter ganz analogen Umständen, unter welchen bei obigem Versuche eine successive Contrastfärbung undeutlich oder unbemerklich wird, eine simultane Contrastfärbung sich ganz ebenso verhält, so sieht Helmholtz hierin einen zureichenden Beweis dafür, dass dieselbe aus einem falschen Urtheile erklärt werden müsse. Denn Versuche, bei welchen ein Papierschnitzel auf eine Papierfläche gelegt oder vor dieselbe gehalten wird, um die Farbe des Schnitzels mit der des Papieres zu vergleichen, spielen bei der von Helmholtz gegebenen Darstellung des simultanen Contrastes eine grosse Rolle.

Wenn sich z. B. auf einer, ihrer Structur noch ganz gleichartigen farbigen Fläche ein objectiv farbloser, aber im Contrast farbig erscheinender Fleck befindet, so nimmt Helmholtz ein graues Papierschnitzel von „derselben Helligkeit“ wie die des objectiv farblosen Fleckes und verdeckt damit diesen durch Contrast gefärbten Fleck. Sieht er nun auf dem Schnitzel die Contrastfarbe nicht mehr oder doch viel weniger deutlich, so ist dies für ihn ein Beweis, dass die letztere nicht auf einem physiologischen Vorgange beruht, sondern auf einem falschen Urtheile. Oder er erzeugt am Farbenkreisel einen objectiv farblosen Ring auf farbigem Grunde, nimmt dann ein graues Papierschnitzel, hält es so, dass es „gleich hell“ erscheint wie der objectiv graue Ring, und findet, dass das Schnitzel nicht die deutliche Contrastfärbung zeigt, wie der objectiv ebenfalls graue Ring auf der rotirenden Scheibe.

Wenn man ein graues Schnitzel über einen schwarzen Grund hält und fixirt, dann über den schwarzen Grund ein z. B. blaues

Papier schiebt, so sieht man das Grau des Schnitzels gelblich werden, und wenn man dann das blaue Papier wieder entfernt, so wird das Schnitzel bläulich. Das ist ein einfacher und beweiskräftiger Versuch, weil das stetig fixirte Schnitzel immer dasselbe bleibt und nichts zu vergleichen ist, als die wechselnde Färbung eines und desselben Objectes. Ganz andere Verhältnisse aber sind wie gesagt gegeben, wenn man die Farbe des Papierschnitzels mit einer auf dem Farbenkreisel erscheinenden oder mit sonst welcher andersartigen Fläche zu vergleichen sucht. Nirgends macht Helmholtz Controlversuche, um festzustellen, in wie weit es überhaupt möglich ist, unter solchen Umständen genaue Farbenvergleichungen zu machen.

Trotz ihrer Mangelhaftigkeit hätten doch diese Versuche Helmholtz nicht so beirren können, wie es meiner Ansicht nach thatsächlich geschehen ist, wenn er den zeitlichen Verlauf einer simultanen Contrastwirkung immer mit in Betracht gezogen hätte. Eine solche erreicht ihr Maximum unmittelbar nach dem Erscheinen der inducirenden Farbe, wonach sie rasch abnimmt und weiterhin ganz verschwindet. Setzt man dann die Fixirung des reagirenden Feldes noch länger fort, so erscheint sehr bald die von mir als „simultan inducirt" bezeichnete Farbe, welche der inducirenden gleich ist. Ich werde bei Besprechung der Einzelversuche zeigen, dass Helmholtz den zeitlichen Verlauf der simultanen Contrastwirkung nicht besonders beachtet hat. Es ist ihm zwar keineswegs entgangen, dass die durch simultanen Contrast erzeugte Färbung bei fortgesetzter Fixirung sogar in die Gegenfarbe umschlägt, und er macht diese Thatsache zum Gegenstande einer besonderen psychologischen Auseinandersetzung, aber er stellt, wie wir sehen werden, die Schnitzelversuche meist in einer Weise an, bei welcher gerade die Zeit der stärksten Contrastwirkung für die Beobachtung nicht ausgenützt wird.

Eine zweite von Helmholtz benutzte Methode, welche die Färbung durch simultanen Contrast in den bezüglichen Fällen ganz oder fast ganz zum Verschwinden bringen soll, besteht darin, das von einem grösseren inducirenden farbigen Felde umschlossene objectiv farblose Feld mit einem schwarzen Striche zu umziehen, damit es von dem inducirenden Felde durch einen bestimmter gezeichneten Umriss als ein besonderes Object abgegrenzt sei.

Dass dadurch ein an und für sich sehr schwacher Farbenunterschied zwischen dem inducirenden und dem reagirenden Felde „sehr viel zweifelhafter“ (S. 464) werden kann, ist richtig und leicht erklärlich. Erstens grenzen die beiden zu vergleichenden Farben nicht mehr unmittelbar aneinander, sondern es ist eine dritte, nämlich die schwarze Farbe des Striches zwischen sie eingeschoben, welche die Vergleichung um so mehr stören muss, je breiter der Strich ist. Zweitens verstärkt das Schwarz nach bekannten Contrastgesetzen in seiner Nachbarschaft die Weisslichkeit der beiden angrenzenden Farben, so dass, da die subjective Farbe des reagirenden Feldes an und für sich schon eine äusserst wenig gesättigte und also „sehr weissliche“ ist, dieselbe fortan noch weniger hervortreten kann. Endlich wirkt der simultane Contrast, wie insbesondere Mach ausführlich gezeigt hat, weitaus am stärksten in unmittelbarer Nähe der Grenzlinie der beiden Farben. An das inducirende Feld grenzt aber jetzt nicht mehr das reagirende Feld, sondern das schmale dunkle Feld des Striches, das doch immer eine, wenn auch noch so schmale Fläche darstellt. Auf Schwarz oder sehr dunklem Grau tritt aber die simultane Contrastfärbung ebenso wie auf Weiss nur unter besonders günstigen Umständen hervor. Weiss und Schwarz können sozusagen sehr viel Farbe aufnehmen ohne deutlich farbig zu werden, während ein mittelhelles Grau sehr leicht farbig wird. Die für die simultane Contrastwirkung der inducirenden Farbe wichtigste Stelle, d. h. die unmittelbare Nachbarschaft der Grenze des inducirenden Feldes geht also durch den dunklen Strich verloren. Durch den Kunstgriff der Umränderung kann man sich sehr schwache objective Farbenverschiedenheiten ebenso unkenntlich machen, wie subjective. Ich nahm ein graues Papier und legte darauf ein Scheibchen eines farbigen, äusserst wenig gesättigten Papieres, welches annähernd gleich hell war, wie das graue Papier. Ueber das Ganze wurde nun ein weisses Florpapier gebreitet. Die Stelle, an welcher das Scheibchen lag, war durch ihren sehr schwachen aber doch deutlichen Farbenunterschied kenntlich. Umränderte ich jetzt diese Stelle durch einen schwarzen Kreisstrich, so wurde dieser Farbenunterschied kaum oder gar nicht mehr erkennbar. So wenig man nun hieraus schliessen dürfte, dass der objective Farbenunterschied durch die Umränderung beseitigt worden sei, so wenig darf man, wenn

der Farbenunterschied subjectiv bedingt ist, aus seinem Verschwinden schliessen, dass derselbe nicht auf einer Verschiedenheit der Erregungszustände des Sehorgans beruhe. Aus allen angeführten Gründen erscheint die Umränderungsmethode hier principiell unstatthaft.

Dass gleichwohl der simultane Contrast unter günstigen Umständen auch auf einem umränderten reagirenden Felde ganz deutlich ist, davon kann sich Jeder durch den Versuch leicht überzeugen.

Ich gehe nun über zur experimentellen Analyse der einzelnen von Helmholtz besonders betonten Fälle. Helmholtz beschreibt den Contrastversuch von H. Meyer folgendermaassen:

„Man schneide ein Blatt aus feinem weissen Briefpapier und eines aus farbigem Papier, z. B. grünem, beide genau gleich gross, lege beide aufeinander, so dass sie sich genau decken und schiebe ein Schnitzelchen grauen Papiers dazwischen, welches ebenso dunkel oder dunkler als das grüne ist. Weniger gut ist schwarzes oder weisses Papier. Durch das weisse Papier schimmert das Grün und Grau der Unterlage nur ganz schwach durch, und wo das letztere liegt, erscheint jetzt ein sehr deutliches und starkes Rosaroth. Giebt man der Unterlage eine andere Färbung, so erscheint das graue Schnitzelchen immer in der Complementärfarbe durch das aufgelegte weisse scheinend. Es gelingt häufig, die Verhältnisse so zu treffen, dass die complementäre Contrastfarbe deutlicher hervortritt als die schwache Farbe des Grundes."

„Das farbige Papier, von dem Briefpapier bedeckt, bildet einen sehr schwach gefärbten weisslichen Grund. Wo das graue Schnitzelchen unterliegt, ist die objective Farbe des oberen Papiers rein weiss. Jetzt sollte man erwarten, dass, wenn man die objectiv weisse Stelle mit einem weissen oder hellgrauen Schnitzelchen bedeckt, welches man oben auf das Briefpapier legt, dieses auch complementär zum Grunde erscheinen sollte. Aber wunderbarer Weise ist das nicht der Fall; ein solches erscheint in seiner objectiven Farbe und ohne Contrast. Ja wenn man sich ein Schnitzelchen auswählt, welches genau dieselbe Farbe und Helligkeit hat, wie das Briefpapier über der grauen Unterlage, dies an die entsprechende Stelle des Briefpapiers hinschiebt und nun anfängt, die Farben beider Stellen genau mit einander zu vergleichen, so schwindet die Contrastwirkung auch auf der weissen Stelle des Briefpapiers, wo sie früher bestand und diese erscheint nun weiss, so lange man das andere Schnitzelchen zur Vergleichung daneben hat." . . . .

„Sobald das eine Feld als ein selbstständiger Körper oder durch einen bestimmt gezeichneten Umriss abgegrenzt ist, verschwindet die Wirkung oder wird wenigstens sehr viel zweifelhafter."

Die Erklärung, welche Helmholtz vom Auftreten der Contrastfarbe bei diesem Versuche (S. 407) giebt: ist folgende:

Wenn farbige Flächen von durchscheinendem Papier bedeckt sind, so scheint eine farbige durchscheinende Decke über das Feld ausgebreitet zu sein und „die Anschauung ergiebt nicht unmittelbar, dass sie auf der objectiv weissen Stelle (an der Stelle des Schnitzels) fehlt, so dass hier nicht blos einfach an die Stelle des Weiss die Complementärfarbe des Grundes gesetzt wird, dass man vielmehr an die Stelle des Weiss zwei neue Farben setzt, die Farbe des Grundes und deren Complement.“ . . . „Ist die Unterlage grün, so erscheint das (durchscheinende) Papier selbst grünlich gefärbt. Geht nun die Substanz des Papiers ohne sichtbare Unterbrechung über das untergelegte Grau hin, so glaubt man ein Object durch das grünliche Papier hindurchschimmern zu sehen, und ein solches Object muss wiederum rosenroth sein, um weisses Licht zu geben. Ist aber die weisse Stelle als selbstständiges Object abgegrenzt, fehlt die Continuität mit dem grünlichen Theile der Fläche, so betrachtet man sie als ein weisses Object, welches auf dieser Fläche liegt.“

Was die hier angenommene Spaltung des Weiss in zwei complementäre Farben betrifft, so werde ich anderwärts darauf zurückkommen. Hier will ich nur bemerken, dass diese Annahme in directem Widerspruche mit dem steht, was man bei dem Versuche wirklich wahrnimmt. An der Stelle des Schnitzels sieht man eben nur eine Farbe, nämlich Rosenroth, nicht aber Grün und Rosenroth zugleich, das eine über dem andern; von Grün bemerkt hier Niemand eine Spur.

Ein einfacher Versuch macht die Erklärung hinfällig. Man schneide aus einem Blatte grauen Papiers 5 mm breite parallele Streifen bis in die Nähe des Randes so aus, dass zwischen je zwei solchen Ausschnitten ein ebenfalls 5 mm breiter Streifen des grauen Papiers bleibt. Die letzteren Streifen werden durch die nicht mit durchschnittenen, einen Rahmen bildenden Randtheile des Papiers zusammengehalten und das Ganze bildet eine Art Rost von Papier. Diesen lege man auf das grüne Papier und darüber ein weisses Florpapier. Ueber letzteres wird endlich noch ein schwarzes Papier gelegt mit einem quadratischen Ausschnitt in seiner Mitte, welcher so gross ist, dass er zwar das System der Streifen, nicht aber den Rahmen des grauen Papiers sichtbar lässt.

Man sieht nun in dem quadratischen Ausschnitte des schwarzen Papiers eine Reihe paralleler gleich breiter Streifen, welche abwechselnd grün und rosenroth sind. Da die Gesammtfläche der inducirenden Streifen nur eben so gross ist, wie die der reagi-

renden, so ist auch die Contrastfärbung weniger energisch, als wenn nur ein grauer Streifen auf dem farbigen Grunde liegt, sie ist aber doch ganz deutlich. Wer das Ganze betrachtet, ohne seine Zusammensetzung zu kennen, und zwar so, dass er nicht genau accommodirt ist, sieht eben nur ein System verschiedenfarbiger Streifen und erkennt nicht einmal das Florpapier als Decke. Sobald er aber dasselbe erkennt, ändert sich doch nichts am Aussehen des Ganzen, und er meint, dass ein Papier oder Zeug mit grünen und röthlichen Streifen unter dem Florpapiere liege. Die Vorstellung einer farbigen Decke kann hier schon deshalb nicht entstehen, weil die eine Farbe keine grössere Fläche einnimmt als die andere.

Viel eindringlicher und ebenso beweisend ist folgender Versuch. Man flechte 5 mm breite mattgrüne und gleich helle graue Papierstreifen so durcheinander, dass ein Schachbrettmuster mit grauen und grünen Feldern entsteht und bedecke das Ganze mit Florpapier. Hier sieht man die grauen Felder schön rosenroth.

Noch wesentlicher scheint mir, dass der zweite Theil des von Helmholtz beschriebenen Versuchs, wobei das graue Schnitzel auf statt unter das Papier gelegt wird, gar nicht zu dem von Helmholtz mitgetheilten Ergebnisse führt, wenn man dafür sorgt, dass zwischen dem aufliegenden Schnitzel und der Stelle des dünnen Papiers, welche das unterliegende Schnitzel bedeckt, wirkliche optische Gleichheit besteht, wie dies Helmholtz fordert.

Will man den Versuch anstellen, so bemerkt man sogleich, dass es nahezu unmöglich ist, ein graues Papierschnitzel zu finden und es so auf das Briefpapier zu legen, dass es „genau dieselbe Farbe und Helligkeit hat, wie das Briefpapier über der grauen Unterlage.“ Die volle optische Gleichheit aber der Stelle des aufliegenden mit der des unterliegenden Schnitzels ist die erste Bedingung für die Beweiskräftigkeit des Versuchs. Ich besitze eine grosse Anzahl im Laufe der Jahre gesammelter grauer Papiere und mehrere nach der Helligkeit fein abgestufte Reihen solcher Papiere habe ich mir selbst gefärbt, aber nie ist es mir gelungen, eines zu finden, welches, auf das Briefpapier gelegt, genau dieselbe Farbe und Helligkeit, dieselbe Glätte oder Mattigkeit, dasselbe Korn gehabt hätte, wie das Briefpapier an der Stelle der Unterlage. Eine, wenn auch nur höchst angenäherte optische Gleichheit dieser Stelle und des Schnitzels wäre ein merkwürdiger

Zufall. Es bleibt daher, wenn der Versuch genau angestellt werden soll, nichts übrig, als das Schnitzel, welches auf dem Papiere erscheinen soll, von demselben grauen Papiere zu nehmen, wie das untergeschobene Schnitzel und es ebenfalls mit einem congruenten Schnitzel von demselben durchschimmernden weissen Papiere zu überziehen, mit welchem man das farbige Papier bedeckt hat.

In folgender Weise nun habe ich die von Helmholtz selbst gestellten Bedingungen seines Versuchs wirklich streng erfüllt. Statt des dünnen, stets mehr oder weniger glänzenden Briefpapiers benützte ich das bekannte Florpapier. Ein ganz ebenes und gleichartiges Stück eines grauen, völlig undurchsichtigen Papiers wurde auf eine ganz ebene Bleiplatte oder auf einen Holzklotz gelegt, der senkrecht zur Faserrichtung geschnitten und dessen Oberfläche ganz eben und glatt war. Mit einem scharfen Locheisen[1]) von 10mm Durchmesser wurde eine kleine Scheibe ausgeschlagen. Sodann wurde über das erwähnte graue Papier ein Stück von dem Florpapier, welches aus einem ganz ebenen Theile desselben ausgeschnitten war, glatt ausgebreitet, und an der Stelle, wo es der grauen Unterlage am besten anlag, mit dem Locheisen wieder eine Scheibe geschlagen. Ist letzteres gut gelungen, so bildet das Florpapier einen gleichmässig anliegenden Ueberzug des grauen Scheibchens. Das Florpapier wird nicht, wie bei dem Versuche von Meyer, unmittelbar auf das farbige Papier gelegt, sondern auf eine Glasplatte, die auf vier Füssen steht, so dass man unterhalb derselben ein gut beleuchtetes farbiges Papier anbringen kann. Das auf diese Weise von unten her farbig beleuchtete Florpapier lässt dann ebenfalls die Farbe durchscheinen.

Ehe noch das farbige Papier untergeschoben wurde, wird die kleine ersterwähnte graue Scheibe unter das auf der Glasplatte liegende Florpapier gelegt an einer Stelle, wo dasselbe ganz eben ist. Ist nun auch die Oberfläche dieser kleinen Scheibe ganz eben

1) Das Locheisen ist ein eiserner, innen glatt ausgedrehter Hohlcylinder, in dem sich ein federnder, solider Cylinder (Obturator) befindet, welcher den von aussen her zugeschärften Rand des ersteren ein wenig überragt. Beim Ausschlagen der Scheibe weicht der Obturator zurück, schiebt sich aber beim Abheben des Locheisens von selbst wieder vor, so dass die Scheibe nie im Locheisen stecken bleibt, wie dies ohne federnden Obturator der Fall wäre. Man erhält so scharfgeschnittene Scheiben ohne erhebliche Umbiegung des Randes.

und liegt ihr das Florpapier genau an, so erscheint sie durch das letztere abgesehen von ihrem Rande ganz ebenso, wie die andere, ebenfalls mit Florpapier bedeckte Scheibe, vorausgesetzt dass beide zur Lichtquelle genau in derselben Weise orientirt sind.

Um letzteres möglichst gut zu erreichen und zugleich aus einem weiteren, sofort zu besprechenden Grunde, wird folgendes Verfahren eingeschlagen.

Ein Stück dünnen und weichen Drahtes ist an einem Ende zu einem Plättchen breitgeschlagen und wird mit dem andern Ende an einem stehenden Träger befestigt, der an einem vertikalen Stabe verschoben und fixirt werden kann. Die mit dem Locheisen aus dem grauen und dem Florpapier geschlagenen Scheibe wird mittels eines untergeschobenen dünnen Messers aufgehoben und vorsichtig auf das mit etwas Gummilösung bestrichene Endplättchen des Drahtes geklebt. Fasst man die Scheibe mit einer Pincette oder verfährt man sonst unvorsichtig, so hebt sich das Florpapier von der Scheibe ab. Ist dies auch nun an einer begrenzten Stelle geschehen, so ist die Scheibe unbrauchbar. Da aber durch den Druck des Locheisens beide Papiere am Rande aneinander gepresst werden, so kommt man bei einiger Geschicklichkeit mit Florpapier leicht zum gewünschten Ziele. Briefpapier ist hierzu wegen seiner Glätte und Steifheit weniger geeignet. Der Draht wird nun so eingestellt, dass das an ihm befestigte Scheibchen etwa zwei oder drei Centimeter über der Glasplatte liegt, und durch Drehung des Drahtes um seine Axe beziehungsweise auch durch Biegung des Drahtes wird das Scheibchen so orientirt, dass wenn es für einäugige Betrachtung das auf der Glasplatte liegende Scheibchen zu einem kleinen Theile deckt, und man nicht scharf für seinen Rand accommodirt ist, die Grenze der beiden Scheibchen unkenntlich wird und letztere ganz gleich erscheinen. Diese völlige Gleichheit der beiden Scheiben muss sowohl vom linken als vom rechten Auge geprüft werden, daher die stets horizontal bleibende Glasplatte je nach Benutzung des einen oder anderen Auges etwas verschoben werden muss. Hierauf beobachtet man binocular und verschiebt die Glasplatte so, dass die beiden Scheibchen schräg hintereinander und nur durch einen kleinen Zwischenraum getrennt erscheinen. Der Kopf muss während alledem immer dieselbe Lage zur Glasplatte behalten.

Es ist hier, wie gesagt, mangelhafte Accommodation voraus-

gesetzt, welche man, wenn man nicht kurzsichtig ist, durch eine entsprechende schwache Convexbrille herstellen muss; doch darf der Fehler der Accommodation nicht etwa so weit gehen, dass die richtige binoculare Lokalisirung der vom Drahte gehaltenen Scheibe unmöglich wird, vielmehr muss dieselbe deutlich als ein über der Glasplatte in der Luft befindlicher besonderer Gegenstand erscheinen.

Nachdem in dieser Weise alles vorbereitet ist, wird von einem Gehülfen ein gesättigt farbiges, sehr gut beleuchtetes und in der günstigsten Lage gegen die Lichtquelle gehaltenes Papier, das auf eine Papptafel gespannt ist, in oben erörterter Weise unter die Glasplatte geschoben: sofort erscheint das Florpapier farbig, zugleich tritt die Contrastwirkung ein und man beobachtet, dass beide Scheibchen genau dieselbe Contrastfärbung zeigen, obwohl das eine unter, das andere über dem Florpapier in der Luft erscheint, und dass also die Angabe von Helmholtz für den Fall, wo die von ihm selbst geforderten Bedingungen des Versuchs streng erfüllt sind, gar nicht zutrifft. Beobachtet man nur mit einem Auge, so hebt sich die obere Scheibe nicht gut vom Grunde ab.

Der Versuch kann jetzt auch, was bei der Methode von Helmholtz unmöglich ist, mit völliger Ausschliessung des successiven Contrastes angestellt werden. Man lässt hierzu das farbige Papier erst dann unterschieben, wenn man bereits fixirt hat. Als Blickpunkt wählt man den Punkt am Rande des einen Scheibchens, welcher dem andern am nächsten liegt.

Verbessert man die Accommodation, so ändert sich zunächst nichts Wesentliches. Sobald aber an dem oberen Scheibchen der helle Rand auf der Licht- und der dunkle auf der Schattenseite scharf hervortreten, stören sie mehr oder weniger, weil erwähntermaassen jede deutliche Umränderung durch eine zwischen gelegte andre Farbe störend wirken muss. Da das graue Papier nicht allzudünn sein darf, weil das Scheibchen sich sonst wirft, und da das Locheisen den Rand des Scheibchens leicht etwas umbiegt, wenn es nicht sehr gut gearbeitet ist, so ist die verschiedene Helligkeit des Scheibenrandes auf der Licht- und Schattenseite nicht ganz zu vermeiden, und es muss daher dieser Fehler durch entsprechende ungenaue Accommodation ausgeglichen werden. Zuweit darf man jedoch hierbei auch nicht gehen, weil sonst der

Umriss des Scheibchens ganz verschwinden kann, welchenfalls dasselbe dann nicht deutlich über der Ebene des Florpapiers localisirt wird.

Man beobachtet bei fester Fixirung wie beide Scheibchen plötzlich heller und röthlich werden, wenn grünes Papier untergeschoben wird, sieht aber auch, wie diese Wirkung des rein simultanen Contrastes sehr bald wieder nachlässt. Die Scheibchenfarbe und die Farbe des angrenzenden Grundes nähern sich immer mehr und schliesslich verschwinden bei länger fortgesetzter strenger Fixirung die Scheibchen scheinbar ganz. Lässt man das rothe Papier rasch wieder entfernen, so werden beide Scheibchen plötzlich in ganz gleicher Weise grünlich; dies geschieht auch nach kurzer Fixirung. Nach längerer Fixirung ist dieses durch successive Lichtinduction bedingte Grün deutlicher als das Roth des simultanen Contrastes.

Gestattet man dem Auge freie Bewegung, so frischt der successive Contrast das Contrastroth immer wieder auf, es dauert bebeliebig lange an und ist viel entschiedener als beim festen Fixiren.

Helmholtz sagt: „wenn man nun anfängt die Farben beider Stellen (d. h. beider Schnitzel oder Scheibchen) genau mit einander zu vergleichen, so schwindet die Contrastwirkung auch auf der weissen Stelle des Briefpapieres, wo sie früher bestand, und diese erscheint nun weiss, so lange man das andere Schnitzelchen zur Vergleichung daneben hat." Es erklärt sich diese Angabe dadurch, das Helmholtz, als er anfing die Farbe „genau zu vergleichen" das Auge wirklich ruhig hielt. Dann mussten allerdings unter rascher Abnahme der Contrastfärbung die beiden Stellen einander immer ähnlicher und schliesslich gleich werden und gleich bleiben, so lange der Blick ruhig gehalten wurde.

Stellt man den Versuch genau so an, wie ich es oben beschrieben habe, so wird man auch zu genau demselben Ergebniss kommen. Aber man glaube nicht, dass der Versuch sich nicht auch mit grosser Wahrscheinlichkeit des Gelingens improvisiren lasse; nur das Locheisen ist unentbehrlich, weil es so gut wie unmöglich ist, ein graues Papier zu finden, welches in jeder Beziehung ganz gleich erscheint wie das durch das Papier gesehene Grau. Man klebe das Scheibchen auf den beschriebenen Draht und halte es aus freier Hand über und neben das auf der Glas-

platte liegende Scheibchen. Will man den successiven Contrast nicht ausschliessen, so kann man auch das farbige Papier auf den Tisch, auf denselben das eine Scheibchen und über beide das Florpapier legen. Orientirt man dann das obere Scheibchen mittelst des Drahtes passend gegen die Lichtquelle, und accommodirt nicht ganz genau, so sieht man es meistens ganz ebenso complementär gefärbt wie das auf dem farbigen Papier liegende Scheibchen. Es kommt eben Alles auf die Geschicklichkeit an, mit der man die objective Gleichheit der beiden Scheibchen herstellt. Unmittelbar auf das Florpapier darf man das obere Scheibchen nicht legen, weil es dann auf der Schattenseite von einem zwar schmalen aber tiefen Schatten umrändert ist und auf der Lichtseite einen hellen abstechenden Saum zeigt.

Je öfter man derartige Versuche macht, desto mehr überzeugt man sich, dass, wenn die beiden Scheibchen in der beschriebenen Weise hergestellt wurden, lediglich falsche Haltung des oberen Scheibchens und der auffallende Helligkeitsunterschied seines Randes oder andre Ungleichheiten den Versuch stören, nicht aber der von Helmholtz als der wesentlich bezeichnete Umstand, dass das obere Scheibchen „als ein selbstständiger Körper anerkannt wurde, der über dem farbigen Grunde lag.“ Und gerade auf diesen Umstand stützt sich die psychologische Erklärung von Helmholtz.

Es ist bezeichnend für die Auffassung des simultanen Contrastes seitens Helmholtz, dass er **die Contrasterscheinungen am Farbenkreisel,** welcher die mittels Pigmentfarben zu erzielenden Contraste unter den einfachsten Bedingungen zur Anschauung bringt und eine exacte Variirung der Versuchsbedingungen gestattet, erst am Schlusse der ganzen Abhandlung und gleichsam im Anhange an die früher besprochenen relativ verwickelten oder unreinen Versuche erörtert. Er sagt S. 410:

„Obgleich solche Umstände, welche uns veranlassen, eine Trennung des weissen Lichts in zwei Portionen zu vollziehen, den Eintritt des Contrastes sehr begünstigen, sind sie doch nicht nothwendig. Es treten Contrasterscheinungen auch auf in Fällen, wo ein schwacher Unterschied der Farbe allein das inducirte Feld von dem inducirenden scheidet. Sehr schön sieht man sie auf dem Farbenkreisel, wenn man in einer Scheibe schmale farbige Sectoren

auf weissen Grund setzt, sie aber in mittlerer Entfernung vom Mittelpunkte durch einen aus Schwarz und Weiss zusammengesetzten Streifen unterbricht, so dass beim Umdrehen eigentlich ein grauer ringförmiger Streifen auf schwach gefärbtem weisslichen Grunde entstehen sollte. In der That sieht dieser Ring aber nicht grau, sondern complementär gefärbt aus und zwar am intensivsten, wenn er gleiche oder etwas geringere Helligkeit als der Grund hat. Ist die Breite der farbigen Sectoren gross, und dadurch die Farbe des Grundes zu intensiv, so ist die Complementärfarbe des Ringes schwächer oder wenigstens zweifelhafter als bei schwacher Färbung des Grundes, ebenso wenn man den grauen Ring mit zwei schmalen schwarzen Kreislinien einfasst, die ihn scharf vom Grunde abgrenzen. Es fehlt in den letzteren Fällen die Contrastfärbung vielleicht nicht ganz, aber sie ist mit einer erheblichen Unsicherheit des Urtheils über die Farbe des inducirten Feldes verbunden, und durch Vergleichung mit einem neben dem Farbenkreisel befindlichen weissen Felde kann man leicht zu dem Resultate gelangen, dass das inducirte Feld wirklich weiss sei, während ohne die Kreislinien die complementäre Contrastfarbe sich mit zweifelloser Bestimmtheit der Wahrnehmung aufdrängt. Gar nichts von der Contrastfarbe sieht man dagegen an einem weissen Papierschnitzelchen, welches man mit einer Pincette über die grünliche Scheibe hinführt, selbst wenn es durch keinen Schlagschatten von dem grünlichen Felde abgehoben wird, und wenn man es so gegen das Licht wendet, dass seine Helligkeit genau gleich der des grauen Reifes wird, so erscheint auch dieser in der Nähe des Papierschnitzelchens plötzlich weiss, wie dieses, während die entfernteren Theile des Ringes weiss gefärbt bleiben. Ist der graue Reif von schwarzen Linien eingefasst, so erkennt man bei diesem Versuche seine Farbe als reines Grau in seiner ganzen Ausdehnung".

Diese Beweisführung hat zuerst den Mangel, dass sie zu viel beweist. Die Contrastfarben der beschriebenen objectiv farblosen Ringe sind ja nur zu einem Theile die Wirkung des simultanen, zum andern Theile aber die des successiven Contrastes, dessen Entstehung aus falschen Urtheilen Helmholtz doch gar nicht beweisen will. Er betont zwar theoretisch die Trennung beider Arten des Contrastes ganz ausdrücklich, hält sie aber praktisch hier, wie überhaupt bei den meisten Versuchen, nicht streng auseinander. So ohne Weiteres und ohne besondere Einrichtung der Versuche ist dies auch gar nicht möglich. Von derartigen Einrichtungen und Vorsichtsmaassregeln spricht Helmholtz nicht nur nicht, sondern er betont nicht einmal das feste Fixiren. Die ganze Beschreibung zeigt vielmehr, dass es ihm hier um Ausschliessung des successiven Contrastes gar nicht zu thun war. Es macht, wie überhaupt bei seinen Contrastversuchen, den Eindruck, als meine er, der successive Contrast komme nur dann wesent-

lich in Betracht, wenn fest fixirt wird, und eigentliche Nachbilder entstehen, während dieser Contrast doch selbst beim flüchtigsten Wandern des Blicks über verschiedenfarbige oder verschieden helle Objecte zur Wirkung kommt.

„Ist", sagt Helmholtz, „der graue Reif von schwarzen Linien eingefasst, so erkennt man bei diesem Versuche seine Farbe als reines Grau in seiner ganzen Ausdehnung."

Wie man sieht, behauptet Helmholtz, dass unter den genannten Umständen die Contrastfarbe überhaupt verschwindet, also auch der successive Contrast fast oder ganz beseitigt erscheint. Seine Angaben würden sich daher, wenn sie sich bestätigen liessen, ebenso wie gegen eine physiologische Erklärung des Simultancontrastes, auch gegen eine solche des Successivcontrastes verwenden lassen, insoweit derselbe hier mitwirken muss. Helmholtz jedoch verwerthet sie nur in der ersten Beziehung.

Sind aber seine Angaben überhaupt zutreffend? Die eingehendere Untersuchung lehrt, dass dies nicht der Fall ist. Dass Helmholtz unter den von ihm hergestellten Umständen die Contrastfarbe verschwinden sah, wird freilich Niemand bezweifeln, aber sein Ergebniss ist lediglich darin begründet, dass er unter Bedingungen untersuchte, unter welchen die Contrastfarben überhaupt nur schwach auftreten und deshalb leicht durch störende Nebenumstände fast oder ganz unmerklich werden können. Helmholtz hat, wie aus Allem hervorgeht, die Contrasterscheinungen am Farbenkreisel überhaupt nicht eingehender untersucht, sondern sich mit verhältnissmässig wenigen Versuchen begnügt, weil er denselben nur eine untergeordnete Bedeutung im Vergleich zu seinen übrigen Versuchen beimaass.

Nach der Abbildung, welche er S. 411 giebt, betrug die Breite des Rings den zehnten Theil des Halbmessers der Scheibe und würde also auf einer Scheibe von 10 cm Radius 1 cm betragen haben, eine für den Simultancontrast bei mittler Sehweite ungünstige Breite, weil derselbe mit zunehmendem Abstande von der Grenzlinie der beiden Felder rasch abnimmt. Ich benutze Ringe von 5 mm Breite und betrachte die Scheibe meist aus einer Entfernung von 1 m und mehr. Helmholtz macht allerdings weder über den Halbmesser der Scheibe noch den Abstand des Auges von demselben eine Angabe. Der Ring war aber jedenfalls bei Helmholtz viel zu hell. Eine Zumischung von nur 32°

Schwarz zu Weiss, wie sie Helmholtz nach Maassgabe seiner Abbildung benutzte, setzt die Helligkeit des Weiss so wenig herab, dass man noch gar nicht von einem Grau, sondern nur von einem etwas minderhellen Weiss sprechen kann. Im Weiss aber ist die Färbung durch Contrast durchschnittlich viel minder lebhaft, als im Grau. Daraus dass die von Helmholtz gewählten Versuchsbedingungen für den Contrast an sich ungünstige waren, erklärt sich das leichte Verschwinden der Contrastfarbe unter den sogleich weiter zu besprechenden Umständen. Stellt man günstige Versuchsbedingungen her, so ist es unmöglich, durch schmale schwarze Umänderungen des reagirenden Ringes die Contrastfarbe zum Verschwinden zu bringen; dies würde schon der successive Contrast unmöglich machen, auch wenn ein simultaner gar nicht existirte.

Wenn man Störung durch wachsenden Helligkeitscontrast vermeidet, ist es auch nicht möglich, die Contrastfarbe dadurch zu schwächen, dass man die Breite des farbigen Sectors vergrössert und so die inducirende Farbe gesättigter macht. Bis zu einer gewissen Grenze wächst vielmehr die Deutlichkeit der Contrastfarbe mit der Sättigung der inducirenden Farbe. Ueber diese Grenze hinaus ist freilich eine Zunahme der Contrastfarbe nicht mehr deutlich besonders dann, wenn man wie Helmholtz keine besondere Rücksicht auf den zeitlichen Verlauf des Simultancontrastes nimmt.

Auch der Versuch mit dem Papierschnitzel führt bei vorsichtiger Anstellung zu einem ganz anderen Ergebniss. Es gilt hier mutatis mutandis dasjenige, was ich über die Benutzung von Papierschnitzeln bei derartigen Versuchen überhaupt gesagt habe. Gelingt es, ein Papierschnitzel zu finden, welches vor dem Kreisel und zwar vor dem objectiv farblosen Ringe desselben passend aufgestellt bei etwas mangelhafter Accommodation und einäugiger Betrachtung unterschiedslos in dem „Grau“ des Ringes verschwindet, so zeigt es selbstverständlich, was auch Helmholtz gar nicht bestreiten würde, dieselbe Contrastfarbe, wie der Ring. Verbessert man nun die Accommodation so weit, dass der Umriss des Schnitzels eben merklich wird, so mindert sich, trotz diesem, den Contrast störenden Umstande die Contrastfärbung nicht in merklicher Weise, obwohl man jetzt das Schnitzel als ein gesondertes Object vor der Fläche des Kreisels auffasst. Auch hier ver-

blasst die Contrastfarbe sehr schnell, wenn man das Schnitzel fest fixirt und zwar natürlich nicht nur auf dem Schnitzel, sondern auch auf dem Ringe. Will man also die Färbung durch Simultancontrast möglichst deutlich sehen, so muss man, nachdem das Schnitzel in der erwähnten Weise aufgestellt ist, von einem Gehülfen einen grauen Schirm von derselben Helligkeit, wie sie das Schnitzel zeigt, zwischen letzteres und den Kreisel einschieben lassen. Hat nun das Auge hinreichend lange geruht, so lässt man den Kreisel in Rotation versetzen, fixirt dann das Schnitzel und lässt unmittelbar nachher den grauen Schirm wieder wegziehen: sofort erscheinen Schnitzel und Ring mit der Contrastfarbe, die jedoch bei fortgesetzter Fixirung aus dem früher angeführten Grunde rasch wieder abnimmt. Während Helmholtz das mit der Pincette gehaltene „weisse" Schnitzel über den Kreisel hinführt, wobei das Schnitzel durchschnittlich nicht einmal in derselben Helligkeit wie der graue Ring erscheinen konnte, fixirte er natürlich das Schnitzel und als er es dann „so gegen das Licht wendete, dass seine Helligkeit genau gleich der des grauen Reifes war", so fixirte er es ebenfalls. Dass nun auch der Reif „in der Nähe des Papierschnitzelchens plötzlich weiss erschien, wie dieses" ist also sehr begreiflich, um so mehr, als eben Schnitzel und Reif eigentlich weiss und nicht grau waren und das Weiss sich zu solchen Contrastversuchen überhaupt schlecht eignet.

Erwägen wir nun die Erklärung, welche Helmholtz für die am Kreisel beobachteten Contrasterscheinungen (S. 411) giebt:

„Man geht bei der Beurtheilung der Farbe des Ringes von der Farbe des Grundes aus und fasst die Farbe des Ringes als eine Abweichung von der Farbe des Grundes auf. Wenn die beiden Farben zwei verschiedenen Körpern angehören, ist kein Grund vorhanden, sie zu einander in Beziehung zu setzen. Man sucht vielmehr eine jede Körperfarbe unabhängig von jeder zufälligen Nebeneinanderstellung zu bestimmen. Wenn aber eine continuirliche ebene Fläche, die überall dieselbe Structur und dasselbe Materiel zeigt, an verschiedenen Stellen verschiedene Farben zeigt, die einzigen Unterschiede dieser Stellen also in der Färbung bestehen, so müssen nothwendig in unserem Urtheil diese verschiedenen Farben als solche zu einander in Beziehung gesetzt und mit einander verglichen werden. Der Erfolg dieser Vergleichung ist nun, wie es der Versuch lehrt, der, dass der Unterschied der verglichenen Farben als zu gross erscheint."

Wenn es sich darum handeln würde, zu erklären, warum eine durch die Gesetze des Simultancontrastes geforderte Contrastfär-

bung unter gewissen Umständen unbemerkt bleiben kann, so wäre mir diese Auseinandersetzung minder auffallend als sie erscheinen muss, wenn man bedenkt, dass vielmehr das Gegentheil zu erklären ist, nämlich, warum die Contrastfarbe überhaupt auftritt. „Wenn", sagt Helmholtz, „die beiden Farben zwei verschiedenen Körpern (d. i. hier das Schnitzel und der farbige Grund) angehören, ist kein Grund vorhanden, sie zu einander in Beziehung zu setzen. Man sucht vielmehr eine jede Körperfarbe unabhängig von jeder zufälligen Nebeneinanderstellung zu bestimmen." Das ist an sich ganz richtig, passt aber meiner Ansicht nach nicht auf den vorliegenden Fall. Denn wenn ich einen Contrastversuch mit dem Schnitzel mache, so vergleiche ich eben seine Farbe mit der des farbigen Grundes und ich thue das um so mehr, je schwächer die Contrastfärbung ist und je mehr ich mich bemühe, die Art des Unterschiedes der beiden Farben festzustellen. Das ist ganz unausbleiblich, und es ist also hier ganz besondere Veranlassung gegeben, die beiden Farben „zu einander in Beziehung zu setzen." Wenn man trotzdem auf dem Schnitzel unter Umständen die Contrastfarbe minder gut sieht als auf dem Ringe, so hat dies also jedesfalls seinen Grund nicht darin, dass man die Farbe beider nicht zu einander in Beziehung setzt, denn das thut man eben, indem man sie vergleicht, sondern es liegt in den von mir eingangs ausführlich erörterten Umständen, nämlich in der hellen beziehungsweise dunklen Umränderung des Schnitzels, in seiner Ungleichartigkeit, dem Korne des Papiers etc.; was Alles bei dem Ringe auf der rotirenden Scheibe nicht in Betracht kommt.

Nicht minder auffallend erscheint mir auch die Erklärung, welche Helmholtz von der Contrastfarbe des Ringes giebt. Die Farbe desselben wird mit der der übrigen Scheibe in Beziehung gesetzt, verglichen. „Der Erfolg dieser Vergleichung ist nun, wie es der Versuch lehrt, dass der Unterschied der verglichenen Farben zu gross erscheint." Aus dem Zugrosserscheinen des Unterschiedes erklärt Helmholtz viele Contrasterscheinungen (vergl. S. 392 und 393 der physiologischen Optik). Mir scheint hierbei der wirkliche Thatbestand umgekehrt zu werden. Ich meine, dass der wahrgenommene Unterschied zweier Farbenempfindungen bedingt ist durch die Qualität dieser Empfindungen, nicht aber dass, wie Helmholtz will, die Qualität der Empfindungen erst bestimmt wird durch einen wahrgenommenen Unterschied. Ich bin

der Meinung, dass sich der wahrgenommene Unterschied zweier Empfindungen aus den Eigenschaften der letzteren ergiebt, nicht aber, dass sich diese Eigenschaften aus der Wahrnehmung eines Unterschiedes derselben ergeben. Zuerst muss dasjenige da sein, was zu vergleichen ist, und aus der Vergleichung ergiebt sich erst der Unterschied. Helmholtz stellt die Sache so dar, als ob zuerst eine Unterschiedsgrösse als solche aufgefasst werde, und erst diese Unterschiedsgrösse bestimmend sei für die Qualitäten der beiden Empfindungen. In unserm besonderen Falle würde z. B. der Unterschied zwischen dem Grün der Kreiselfläche und dem Grau des Reifes für zu gross genommen und infolge dessen erschiene uns der Reif nicht bloss grau, sondern in der Complementärfarbe Roth. In dieser Auffassung liegt für mich ein *ὕστερον πρώτερον*, ganz abgesehen davon, dass für einen Menschen, der weder Physiker noch Physiolog ist und also von Complementärfarben nichts weiss, zwischen reinem Roth und reinem Grün kein grösserer Unterschied besteht, als zwischen Grün und Blau, oder zwischen Grün und Gelb und ihm also der objectiv farblose Ring ebenso gut bläulich erscheinen könnte als grünlich. Letztere Bemerkung wird zwar Helmholtz gemäss seiner philosophischen Ansicht über die Entstehung der Farbenwahrnehmungen unzutreffend finden, weil er hier keine bewusste sondern unbewusste Kenntniss der Complementärfarben annimmt, sie ist es jedoch meiner Ansicht nach durchaus nicht. Ich werde bei der allgemeinen Besprechung seiner Contrastlehre darauf zurückkommen.

Da Helmholtz, wie gesagt, das Zugrosserscheinen des Unterschiedes für die Ursache der Contrastfarbe hält, so giebt er auch an, warum der Unterschied zu gross erscheint. Hierüber sagt er S. 412 Folgendes:

„Der Unterschied der verglichenen Farben erscheint als zu gross, sei es nun, dass dieser Unterschied, wenn er der einzig bestehende ist und allein die Aufmerksamkeit auf sich zieht, einen stärkeren Eindruck macht, als wenn er einer unter mehreren ist, und deshalb im ersteren Falle unwillkürlich für grösser gehalten wird, als im zweiten, sei es, dass auch in diesem Falle die verschiedenen Farben der Fläche als Abänderungen der einen Grundfarbe der Fläche aufgefasst werden, wie sie durch darauffallende Schatten, farbige Reflexe oder durch Tränkung mit farbigen Flüssigkeiten, Bestäubung mit farbigen Pulvern entstehen könnten. In der That würde, um auf einer grün-

lichen Fläche einen objectiv weissgrauen Fleck zu erzeugen, ein röthlicher Farbstoff nöthig sein."

Diese Begründung lässt sich auch experimentell widerlegen. Man bemale dem Farbenkreisel so, dass auf der ganzen Fläche nur abwechselnd z. B. grüne und graue concentrische Ringe von je 5 mm Breite erscheinen und betrachte die rotirende Scheibe aus 1 m Entfernung. Die an sich farblosen Ringe erscheinen dann im Contrastroth. Hier giebt es gar keine Grundfarbe der Fläche, da das Grau und das Grün gleiche Theile derselben bedecken. Giebt man noch überdies allen farbigen Ringen eine etwas verschiedene Sättigung der Farbe, allen grauen Ringen etwas verschiedene Helligkeit, so handelt es sich auch nicht mehr um einen „einzigen bestehenden", sondern um „einen Unterschied unter mehreren."

Sowohl bei dem Meyer'schen Contrastversuche als bei den Versuchen am Farbenkreisel betont Helmholtz den Umstand, dass er die Contrasterscheinungen schon dann oder sogar ganz besonders dann deutlich bemerkte, wenn die inducirenden Farben sehr wenig gesättigt waren. Ist der Simultancontrast physiologisch begründet, so ist von vornherein das Gegentheil wahrscheinlich. Nach Helmholtz wird „die Contrastfarbe in voller Intensität schon durch eine sehr kleine Intensität der inducirenden Farbe hervorgerufen und durch Steigerung der letzteren nicht oder wenig verstärkt." Am Farbenkreisel fand er den reagirenden objectiv farblosen Ring „schwächer oder wenigstens zweifelhafter" gefärbt, wenn die Farbe des inducirenden Grundes gesättigter wurde, und beim Meyer'schen Versuche, wenn er in der gewöhnlichen Weise angestellt wird, bemerkt bekanntlich jeder die Contrastfarben deutlicher, wenn ein dünnes weisses Papier über das farbige Papier und das graue Schnitzel gelegt wird. Letzteres erklärt sich aber, wie wir sahen, auf ganz andere Weise.

Auf derartige gelegentliche Beobachtungen stützt sich der von Helmholtz aufgestellte Satz, keineswegs aber auf eine systematische Untersuchung über die Abhängigkeit der Contrastfarbe vom Sättigungsgrade der inducirenden Farbe. Denn eine solche Untersuchung lehrt das Gegentheil und giebt zugleich die Erklärung für die von Helmholtz angeführte Thatsache.

Zunächst sind die Fälle auszuschliessen, in denen das farbige Licht des inducirenden Feldes so hell ist, dass es vermöge der rein physikalischen Irradiation das kleine reagirende Feld mit

überstrahlt und zwar so stark, dass gegenüber diesem farbigen Lichtreiz die Contrastfarbe nicht aufkommen kann. Hierher gehören nicht bloss die schon von Helmholtz erörterten und richtig erklärten Fälle, in denen das reagirende Feld sofort in der inducirenden Farbe erscheint, sondern auch ein Theil jener Fälle, in denen das reagirende Feld gleich im ersten Augenblicke des Erscheinens der inducirenden Farbe infolge der Irradiation derselben farblos erscheint: es reicht hier das irradiirte farbige Licht eben hin, die „complementäre" subjective Contrastfarbe aufzuheben.

Soll also die Contrastfarbe deutlich hervortreten, so darf die inducirende Farbe nicht allzu grosse Lichtintensität haben, was, wenn man mit farbigem Papier bei gewöhnlichem Tageslichte arbeitet, nicht leicht der Fall sein wird.

Will man die Abhängigkeit der Contrastfarbe von der Sättigung der inducirenden Farbe ganz exact untersuchen, so muss man zunächst dafür sorgen, dass das vom inducirenden Felde kommende farbige Licht angenähert dieselbe weisse Valenz hat, wie das farblose Licht des reagirenden Feldes; denn sonst complicirt man den Farbencontrast mit dem Contraste zwischen Weiss- und Schwarzempfindung und stört mehr oder weniger die Deutlichkeit der Contrastfarbe. Dies ist überhaupt eine allgemeine, für alle Arten des Farbencontrastes gültige Regel, deren Ausserachtlassung manche irrige Angabe erklärt. Auch Helmholtz hat sehr wohl bemerkt, dass gleiche „Helligkeit" des inducirenden und reagirenden Feldes für die Contrastfärbungen am günstigsten ist. Es ist jedoch die Bestimmung der weissen Valenz farbiger Lichter eine ziemlich umständliche Arbeit, wenn man sich nicht mit ganz groben Annäherungswerthen begnügen will; und wenn es sich nur darum handelt zu zeigen, dass die Contrastfärbung mit der Intensität oder Sättigung der inducirenden Farbe wächst, so genügen ganz einfache Versuche.

Zuerst lerne man den grossen Einfluss kennen, welchen der gleichzeitige Contrast zwischen Weiss- und Schwarzempfindung d. h. der sogenannten Helligkeitscontrast auf die Deutlichkeit des Farbencontrastes hat. Zu diesem Zwecke klebe man z. B. einen kurzen 5 mm breiten weissen, ganz undurchsichtigen Papierstreifen an das breitgeschlagene Ende eines dünnen Drahtes und halte mittels des letzteren den Streifen über einen in der Nähe eines Fensters stehenden Tisch. Durch verschiedene Neigung des

Streifens gegen das Fenster kann man dann dem ersteren sehr verschiedene Helligkeiten geben. Bringt man auf den Tisch ein farbiges Papier, so bemerkt man, dass bei einer bestimmten Helligkeit des weissen Streifens die Contrastfarbe am deutlichsten ist. Von dieser passenden Helligkeit aus nimmt dann die Deutlichkeit der Contrastfarbe in dem Maasse ab, als man den Streifen heller oder dunkler werden und dadurch den „Helligkeitscontrast" stärker hervortreten lässt. Will man den successiven Contrast ganz ausschliessen, so schiebt man das farbige Papier erst unmittelbar nach begonnener Fixirung des Streifens unter denselben oder man verdeckt noch besser das farbige Papier durch ein farbloses Papier von der Helligkeit des Streifens und entfernt es, sobald man zu fixiren beginnt.

Analoge Versuche kann man derart anstellen, dass man den weissen Papierstreifen auf eine farblose Glasplatte legt und darauf noch eine zweite, mattgeschliffene oder ein gut anliegendes Florpapier, sodass man die Umrisse des Streifens nur verwaschen und sein Korn gar nicht sieht. Unter die frei in der Luft gehaltene Glasplatte schiebt man wieder das farbige Papier und blickt von oben auf den Streifen. Giebt man der Glasplatte verschiedene Neigungen zur Lichtquelle, so variirt man mit der Helligkeit des Streifens zugleich die Sättigung der durch das Florpapier durchscheinenden Farbe des unterliegenden Papiers, welchem man durch wechselnde Lage zur Lichtquelle ebenfalls verschiedene Helligkeit geben kann.

Eine gute Methode, um die Weisslichkeit einer Papierfarbe zu vergrössern, besteht darin, dass man zwischen das horizontal liegende farbige Papier und das Auge ein unbelegtes Spiegelglas bringt, welches unter 45° zur Gesichtslinie geneigt ist und das Weiss eines grossen seitlich stehenden mattweissen Schirmes in das Auge des Beobachters spiegelt. Ist der Schirm um eine vertikale Axe drehbar und giebt man ihm verschiedene Lagen zur Lichtquelle, so mischt sich für das Auge dem Lichte des farbigen Papiers bald mehr bald weniger weisses Licht bei. Ist das farbige Papier auf einen um eine horizontale Axe drehbaren Pappschirm gespannt, so kann man durch Drehung des letzteren auch dem farbigen Lichte beliebige Helligkeit geben. Der weisse oder graue Papierstreifen, welcher die Contrastfarbe zeigen soll, wird wieder an einem Drahte befestigt und beliebig zur Lichtquelle

geneigt. Ich pflege zur Demonstration besondere Apparate zu benutzen, welche eine bequeme Anwendung der hier angedeuteten Methoden gestatten.

Durch derartige Versuche bekommt man Einsicht in die Fehler, die man bei Contrastversuchen zu vermeiden hat und erfährt, dass sich mit der Veränderung der Weisslichkeit oder der Helligkeit der inducirenden Farbe im Allgemeinen auch eine die Deutlichkeit des Farbencontrastes häufig störende Aenderung des „Helligkeitscontrastes“ verbindet.

Man erfährt ferner schon bei diesen Vorversuchen, dass die Ansicht von Helmholtz über die grössere Wirksamkeit sehr wenig gesättigter Farben nicht richtig ist, aber sehr leicht entstehen kann, wenn man die Helligkeit des reagirenden Feldes nicht sorgfältig in Gemässheit der Helligkeit und Weisslichkeit der inducirenden Farbe wählt.

In viel eindringlicherer und exacterer Weise lässt sich mit Hülfe der schönen gesättigten Farben, wie man sie von farbigen Gläsern erhält, der erwähnte Satz beweisen, wenn man Einrichtungen trifft, welche die Abstufung der Intensität des farbigen Lichts und die Zumischung farblosen Lichtes in messbarer Weise ermöglichen.

Beleuchtung eines Angriffes auf die Theorie der Gegenfarben.

Von

Ewald Hering,

Professor der Physiologie an der deutschen Universität in Prag.

Im Jahre 1878 hat J. v. Kries einen Angriff auf eine, von mir bisher nur in ihren Grundzügen veröffentlichte Theorie des Farbensinns versucht[1]), welcher sich lediglich auf eine irrige Auslegung meiner Worte stützte. Diese Auslegung hatte etwas Befremdendes insofern, als sie nur unter der Voraussetzung möglich war, dass ich eine Reihe längst bekannter Thatsachen und insbesondere die an jedem Spectrum zu beobachtenden Erscheinungen

1) Archiv für Physiologie von du Bois-Reymond 1878, S. 503.

des successiven Contrastes gänzlich übersehen hätte, was bei einem Physiologen nicht wohl anzunehmen war, der sich gerade mit der Lehre vom Gesichtssinne seit vielen Jahren beschäftigt und über die Gesetze der Contrasterscheinungen eine Reihe von Abhandlungen veröffentlicht hatte. Kries hatte sich damals ein experimentum crucis ausgedacht und meinte, mit einem Schlage die von mir entwickelte Theorie, soweit sie den successiven Contrast betraf, widerlegt und die von Helmholtz gegebene als richtig erwiesen zu haben.

Ich habe damals auf seinen Angriff nicht erwiedert, da eine spätere ausführliche Darstellung der Theorie Gelegenheit geben musste, die Sache beiläufig zu erledigen. Es fiel mir auf, dass Kries vier Jahre später[1]) denselben Einwand in derselben Zeitschrift und zu einem grossen Theile sogar mit denselben Worten nochmals abdrucken liess. Auch darauf habe ich nicht geantwortet. Erst als ich im vorigen Jahre eine Abhandlung über das Newton'sche Gesetz der Farbenmischung[2]) veröffentlichte, bot sich mir eine passende Gelegenheit, den Irrthum von Kries zu berichtigen.

Ich that dies, wie jeder Leser jener Abhandlung gern bestätigen wird, in der höflichsten Weise und derart, dass das wissenschaftliche Ansehen meines Gegners in den Augen des Lesers durch meine Worte in keiner Weise berührt werden konnte. Ich nahm sogar betreffs seiner vermeintlichen Widerlegung meiner Theorie durch das „experimentum crucis" die Schuld des Missverständnisses auf mich, indem ich sagte, dass ich zu letzterem durch die Art meiner Darstellung Anlass gegeben.

Auf diese meine Bemerkungen hat Kries mit einer Verdächtigung meines literarischen Characters geantwortet[3]). Er sagt: „Ich lasse dahingestellt, ob es sich in der That damals um ein durch die Darstellung bedingtes Missverständniss oder vielmehr jetzt um eine tiefgreifende Modifikation der Theorie handelt." Ja er lässt dies eigentlich gar nicht dahingestellt sein, sondern spricht weiterhin von meiner „jetzigen Auffassung" im Gegensatze zu dem, was ich früher „stets" gesagt, obwohl ich ausser in einem

1) Archiv f. Physiologie von Du Bois-Reymond, 1882. Supplement.

2) Naturwissenschaftl. Jahrb. „Lotos", VII. Bd. Separat bei F. Tempsky, Prag, 1887 (erschien Sept. 1886).

3) Archiv f. Physiologie von Du Bois-Reymond, 1887, S. 113.

mehr populären Vortrage über Farbenblindheit[1]) seit meinen eingangs erwähnten Mittheilungen nirgends auch nur ein Wort über die hier erörterte Frage veröffentlicht habe; er spricht von „derjenigen Theorie, welche seit dem Jahre 1874 bis vor Kurzem für die Hering's gehalten werden musste," kurzum, er stellt die Sache so dar, als ob ich, um seinen Einwand zu entkräften, an Stelle der ursprünglichen Fassung der Theorie eine neue, wesentlich abgeänderte unterzuschieben versucht.

Es verbietet sich für mich, mit einem Manne in weitere wissenschaftliche Discussion einzutreten, der kein Bedenken trägt, eine solche Anschuldigung öffentlich auszusprechen, die er weder begründet hat, noch auch der Natur der Sache nach jemals begründen könnte. Ich werde mich demnach hier darauf beschränken, darzuthun, dass schon der erste Angriff von Kries ein ungerechtfertigter, und dass es nur ein, von Kries allerdings nicht verstandener Akt der Höflichkeit war, wenn ich die Schuld seines Missverständnisses ohne Weiteres auf mich nahm, zugleich in der Meinung, dass eine an sich gegenstandlose Streitfrage auf diese Weise am besten erledigt werden könne; ich werde ferner zeigen, dass Kries auch heute noch nicht meine Abhandlungen mit der für den Kritiker nöthigen Aufmerksamkeit gelesen oder wenigstens so wenig in Erinnerung behalten hat, dass er seine Polemik auf Worte und Bemerkungen stützt, die ich nie ausgesprochen habe. —

Wenn man sich bei Betrachtung eines hinreichend ausgedehnten Spectrums über die Vertheilung der Farbentöne in demselben Aufschluss verschaffen will, so bemerkt man, dass der Ort der einzelnen Farbentöne eine gewisse Labilität zeigt, und dass, wenn man eine Farbe des Spectrums auch nur kurze Zeit fixirt hat und dann den Blick über die andern gleiten lässt, alle Farben, — mit einziger Ausnahme der zur fixirten complementären, welche nur an Sättigung gewinnt — einen mehr oder weniger veränderten Ton zeigen. Man erklärt dies bekanntlich aus der Wirkung des successiven Farbencontrastes. Wenn man nun, wie ich dies seinerzeit im Anschlusse an die damals und noch heute übliche Auffassung der successiven Contrasterscheinungen that, die-

1) Naturwissenschaftl. Jahrb. „Lotos", I. Bd. Separat b. F. Tempsky, Prag, 1880.

selben aus einer, durch vorhergegangene Reizung bedingten Veränderung der Erregbarkeitsverhältnisse erklärt[1]), so ergiebt sich aus den angeführten Thatsachen unmittelbar, dass auch homogenes Licht je nach der vorausgegangenen Erregbarkeitsänderung durch anderes homogenes Licht einen verschiedenen Reizerfolg hat und also je nach den Umständen Empfindungen von sehr verschiedenem Farbentone veranlassen kann. Hiervon macht, wie die obigen Thatsachen lehren, kein homogenes Licht eine Ausnahme. Hat man z. B. das reine Grün des Spectrums fixirt, so erscheint nachher das vorher reine Gelb oder Blau röthlich, dagegen ein vorher grünliches Gelb oder Blau jetzt als ein ganz reines Gelb oder Blau. Hat man das reine Gelb oder Blau fixirt, so erscheint nachher das zuvor reine Grün bläulich oder gelblich, und ein vorher gelbliches beziehungsweise bläuliches Grün nun als reines Grün. Somit kann der Reizerfolg des für gewöhnlich rein grün erscheinenden homogenen Lichtes eine gelbliche oder bläuliche Empfindung sein, wenn zuvor homogenes blaues oder gelbes Licht dieselbe Netzhautstelle erregte, und das für gewöhnlich gelbe oder blaue homogene Licht kann eine röthliche Empfindung als Reizerfolg haben, wenn zuvor grünes Licht wirkte.

Kries hätte keinerlei Recht gehabt anzunehmen, dass mir die erwähnten Thatsachen gar nicht bekannt seien, auch wenn ich

1) Ich habe in meinen „Mittheilungen“ mich der üblichen Annahme angeschlossen, nach welcher die successiven Contrasterscheinungen bei offenem Auge die Folge einer durch Aenderungen der Erregbarkeitsverhältnisse bedingten veränderten Wirkung des einfallenden Lichtes sind. Gleichwohl habe ich nie ausser Acht gelassen, dass sich die meisten Contrasterscheinungen aus meiner Theorie des Lichtsinns auch ganz anders ableiten lassen, nämlich als Ergebniss einer, vom nachher einfallenden Lichte unabhängigen reactiven Thätigkeit der Sehsubstanz, durch welche Empfindungen erzeugt werden, die sich den durch das einfallende Licht erzeugten nur beimischen. Es war insbesondere der von mir schon in der ersten „Mittheilung“ erwähnte gesetzmässige Phasenwechsel der Nachbilder, welcher mich diese Auffassung in Erwägung ziehen liess. Doch hätte es bei der damaligen kurzen Darstellung meiner Theorie viel zu weit geführt, auch diese, von der üblichen weit abweichende Auffassung der Contrasterscheinungen mit zu erörtern, ganz abgesehen davon, dass ich besonders in der durch weisses Licht bewirkten Umkehrung gewisser positiver farbiger Nachbilder in complementär gefärbte Schwierigkeiten fand. Hier will ich nur darauf hinweisen, dass gegenüber einer derartigen Auffassung der Contrasterscheinungen das experimentum crucis von Kries ebenfalls ganz gegenstandslos erscheinen würde.

nicht selbst einige Contrasterscheinungen des Spectrums angeführt hätte. Hatte doch schon Helmholtz in seiner physiologischen Optik darauf hingewiesen, dass man die Spectralfarben isolirt zur Anschauung bringen müsse, um ihren Farbenton richtig beobachten zu können, und hatte doch Exner im Jahre 1868[1]) die von ihm beobachteten Veränderungen des Tones der Spectralfarben infolge vorhergegangener Reizung mit homogenem Lichte ausführlich beschrieben.

Ich sagte nun in meinen „Mittheilungen" (§ 42):

„Alle Strahlen des sichtbaren Spectrums wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Substanz" (d. i. die eine Componente der psychophysischen Substanz des Sehorganes), „aber die verschiedenen Strahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe oder die grünrothe Substanz" (d. s. die beiden anderen Componenten jener psychophysischen Substanz) „dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimilirend, gewisse andere assimilirend und gewisse Strahlen gar nicht". Als die Strahlen, welche auf die grünrothe Substanz nicht wirken, bezeichnete ich die rein gelb oder blau erscheinenden; als diejenigen, welche auf die blaugelbe Substanz nicht wirken, die rein grün erscheinenden Strahlen. Der angeführte Satz konnte also von Jemandem, dem obige Contrasterscheinungen und meine Erklärung des successiven Contrastes aus Erregbarkeitsänderungen bekannt waren, nur so aufgefasst werden, dass unter den „gewissen Strahlen", welche auf eine der genannten Substanzen nicht wirken sollten, die Strahlen derjenigen Stelle des Spectrums gemeint waren, welche unter den angegebenen Erregbarkeitsverhältnissen rein gelb, rein grün oder rein blau, kurz in einer der von mir angenommenen Hauptfarben erscheinen. Und da man, wenn man nichts weiter hinzufügt, immer ein Sehorgan vorauszusetzen pflegt, dessen Erregbarkeitsverhältnisse nicht durch eben vorausgegangene Reizung mit farbigem Lichte verändert worden sind, kurzum ein neutral gestimmtes Sehorgan, so war der ausgesprochene Satz zunächst auf ein solches zu beziehen. Uebrigens aber ist er, wie man sieht, so gefasst, dass er für alle Erregbarkeitsverhältnisse des Sehorgans gültig bleiben würde.

Ganz unberechtigt war es daher, zu sagen, der Satz schliesse die Behauptung ein, dass z. B. dieselben blauen Strahlen, welche bei neutraler Stimmung auf die rothgrüne Substanz gar nicht

1) Archiv für Physiologie von Pflüger, I. Bd. 1868, S. 390.

wirken, dies auch dann nicht vermögen, wenn die Erregbarkeitsverhältnisse dieser Substanz durch vorhergegangene Reizung mit grünem oder rothem Lichte verändert worden sind. Hiervon steht in meiner ganzen Abhandlung kein Wort.

Hätte ich, wie dies Kries schon früher[1]) und jetzt wieder[2]) angab, wirklich gesagt, dass z. B. „das gelbe und blaue Licht auf die rothgrüne Substanz überhaupt nicht wirkt", so hätte man das Wort „überhaupt" allerdings so auffassen können, als solle es bedeuten: unter keinen Umständen, also auch nicht bei den verschiedensten Erregbarkeitsänderungen des Sehorgans. Aber dieses Wort habe ich nicht gebraucht, und wer den von mir eben citirten Satz liest, muss finden, dass das Wörtchen „gar", für welches Kries „überhaupt" setzt, schon stylistisch gefordert war und hier nicht mit „überhaupt" vertauscht werden dart. Und gerade auf diesen Punkt stützte sich der Angriff von Kries.

Durch Einsetzung der Worte „überhaupt nicht" für „gar nicht" wird hier thatsächlich der Sinn verschoben. So könnte man z. B. von einer mit Knotenpunkten schwingenden Saite sagen, dass in jedem Augenblicke gewisse Punkte derselben nach rechts, gewisse andere nach links und gewisse andere „gar nicht" schwingen. Damit wäre aber nicht behauptet, dass diese letzteren Punkte überhaupt nicht schwingen können; denn sie werden schwingen, wenn die Knotenpunkte anders vertheilt sind. Die gewissen Strahlen des Spectrums, welche auf die neutral gestimmte blaugelbe Substanz gar nicht wirken, werden nach meiner Theorie wirksam, wenn die Erregbarkeitsverhältnisse jener Substanz geändert sind und ihre Stimmung also nicht mehr neutral ist.

Die drei ausgezeichneten Punkte des Spectrums, welche dem im Tone reinen Gelb, Grün und Blau entsprechen, haben also zwar in Bezug auf die in chromatischer Beziehung neutral gestimmte Sehsubstanz eine ganz unveränderliche Lage, mit den Veränderungen der Erregbarkeitsverhältnisse dieser Sehsubstanz aber verändern sie auch ihre Lage im Spectrum. Das bedeutet aber zugleich, dass Strahlen, die z. B. auf die neutral gestimmte

---

1) l. c. S. 515.

2) l. c. S. 114.

rothgrüne Substanz gar nicht wirken, sehr wohl die Assimilirung oder Dissimilirung derselben Substanz steigern können, wenn die letztere ihre Erregbarkeit in der einen oder anderen Richtung geändert hat; und es kann dementsprechend auch der Fall eintreten, dass ein homogenes Licht, welches auf die neutral gestimmte Substanz noch assimilirend wirkt, auf die umgestimmte schon dissimilirend wirkt oder umgekehrt.

Der Reizwerth jedes beliebigen Lichtes lässt sich nach der von mir entwickelten Theorie, ebenso wie die Sehsubstanz selbst, in drei Componenten zerlegt denken, eine weiss wirkende, eine gelbblau wirkende und eine rothgrün wirkende. Die beiden letzteren Componenten können sozusagen positive und negative Werthe annehmen und, je nachdem sie in einem Lichte einen positiven oder negativen Werth haben, assimilirend oder dissimilirend auf die bezügliche Substanz wirken. Der Wellenlänge im Spectrum, bei welcher die positive Wirkung einer bestimmten Componente eben aufhört und die negative noch nicht begonnen hat, also der Werth der bezüglichen Componente gleich Null ist, entspricht stets eine der Grundfarben. Aber die Wellenlänge, welche diesem Nullpunkte des bezüglichen Componentenwerthes entspricht, ist eben eine variable, von der Stimmung, den Erregbarkeitsverhältnissen der Substanz mit abhängige.

Will man diese Theorie in Bezug auf das Mischungsgesetz und die geometrische Darstellung desselben entwickeln, so muss man sich jede der beiden chromatischen Componenten wieder in zwei Componenten zerlegt denken, nämlich z. B. die blaugelb wirkende Componente in eine gelb wirkende und in eine blau wirkende, welche betreffs ihrer Wirkung auf das Sehorgan antagonistisch sind und sich mehr oder minder betreffs ihrer Wirkung aufheben, so dass nur ihre Differenz zur Wirkung kommt. Diese Differenz tritt dann an die Stelle der vorher als einfach angenommenen Componente. Eine derartige Zerlegung einer Componente in zwei andere ist nach dem Mischungsgesetze immer zulässig. Es verhält sich hier analog wie in der analytischen Geometrie z. B. der Ebene, welche im Grunde mit vier Variabeln rechnet, nämlich $+x$, $-x$, $+y$, $-y$ (d. i. eigentlich Abstand nach rechts, links, oben, unten von den Coordinatenaxen). Da aber je zwei dieser Variabeln in einem antagonistischen Verhältnisse zueinander stehn, sich daher mit $+$ und $-$ bezeichnen lassen, so

kann man auch sagen, man rechne nur mit zwei Variabeln. Wenn ich also in meiner Abhandlung über das Mischungsgesetz für die hier besprochene Theorie fünf Componenten des Reizwerthes der verschiedenen Lichter angeführt habe, so gehören doch je zwei als ein antagonistisches Paar zusammen und bilden, was die von ihrer Differenz abhängige Wirkung betrifft, zusammen nur eine, welche positive und negative Werthe annehmen kann. Würde man eine solche Zerlegung der beiden chromatischen Componenten eines Reizwerthes in je zwei antagonistische Componenten nicht vornehmen wollen, so müsste man die Lage ihrer Nulllinien auf der Mischebene (gleichsam der Coordinatenaxen) als variabel ansehen, was für die Darstellung unzweckmässig ist[1]).

Ich habe in meinen „Mittheilungen“ grundsätzlich nur solche Beobachtungen und Versuche erwähnt, welche Jeder leicht ohne besondere Apparate wiederholen kann, und sogar Beobachtungen am Spektrum nur zweimal beiläufig miterwähnt; denn ich wollte Jedem ermöglichen, auf Grund eigener Erfahrung zu urtheilen. Dem entsprechend habe ich auch die Erscheinungen des successiven Contrastes an zusammengesetzten farbigen Lichtern erörtert. Nur solche kommen im gewöhnlichen Leben in Betracht und stehen Jedem zum Experimente zur Verfügung. Hier galt es nun, auseinanderzusetzen, wie es komme, dass zwei Lichter, deren jedes für sich in der Sehsubstanz eine farbige, z. B. gelbe bezw. blaue Empfindung erweckt, bei einem bestimmten Mischungsverhältnisse auf die blau- und gelbempfindende Substanz wirkungslos sind und weder blaue noch gelbe, sondern nur weisse Empfindung erzeugen. Ich erläuterte die Wirkungslosigkeit eines so gemischten Lichtes auf die farbigempfindende Substanz, indem ich sagte, das eine Licht setze in dieser Substanz ein Assimilirungs-Moment gleich gross dem Dissimilirungs-Momente, welches durch das andere gesetzt wird, so dass beide Momente sich gegenseitig aufhöben und keine Wirkung auf die farbigempfindende Substanz resultire. Das Moment definirte ich (§ 44) als das Produkt aus Reiz und Erreg-

1) Die analytische Geometrie verdankt der Reduction der vier bezw. sechs Variabeln auf zwei bezw. drei die imaginären Grössen. Etwas Analoges kann sich bei der rechnenden oder geometrischen Darstellung meiner Theorie nicht ergeben, weil bei derselben stets nur Summen (Differenzen) zweier antagonistischen Werthe, nie aber Producte derselben in Betracht kommen.

barkeit, und ich brauchte gerade den Ausdruck Moment, weil derselbe in der Mechanik gebräuchlich ist und weil sich damit kurz ausdrücken lässt, dass die Wirkung eines Lichtes auf die Sehsubstanz nicht bloss von der Intensität und Art der Strahlung (Grösse und Richtung der Kraft) sondern auch von den jeweiligen Erregbarkeitsverhältnissen (gleichsam der Länge der Hebelarme) abhängig ist. Sind beide Momente, das Assimilirungs- und das Dissimilirungs-Moment gleich, so bewirkt das betreffende Licht weder gelbe noch blaue Empfindung (der um eine Axe drehbare doppelarmige Hebel wird weder in der einen noch in der entgegengesetzten Richtung gedreht).

Aendern sich die Erregbarkeitsverhältnisse der farbigempfindenden Substanz (verschiebt sich das punctum fixum des zweiarmigen Hebels), so sind auch die beiden antagonistischen Momente nicht mehr gleich, es entsteht blaue oder gelbe Empfindung (der Hebel erfährt eine Drehung).

Denkt man sich nun, wie oben erörtert wurde, z. B. die rothgrüne Componente des Reizwerthes wieder in zwei antagonistische Componenten zerlegt, so ergiebt sich für homogene Lichter eine ganz analoge Auffassung, wie sie soeben betreffs der gemischten entwickelt wurde.

Gegenüber der blaugelben Substanz verhält sich z. B. das rein grüne homogene Licht ganz analog wie das zusammengesetzte weisse Licht. Ist die Stimmung jener Substanz die neutrale, so wirken beide Lichter gar nicht auf dieselbe, weil das von ihnen gesetzte A-Moment gleich ist dem D-Moment. Ist die Erregbarkeit der genannten Substanz verändert, so sind beide Momente nicht mehr gleich, der Reizerfolg ist demnach eine blaue oder gelbe Empfindung, die sich der gleichzeitigen weissen beziehungsweisse grünen Empfindung beimischt: Das Weiss wie das Grün erscheinen jetzt bläulich oder gelblich.

Kries sucht jetzt diese Vorstellung von der Wirkungsweise des Lichtes als paradox hinzustellen. Sie ist freilich nur eine bildliche und kann nichts anderes sein, weil wir über die Art, wie das Licht unter Vermittlung der Netzhaut auf die psychophysische Substanz wirkt, gar nichts wissen. Unsere Vorstellung von Kräften und ihren Componenten ist ebenfalls nur eine bildliche. Kries sagt nun: „Die Theorie ist also zunächst um die Vorstellung bereichert, dass ein Licht auf eine bestimmte Sehsubstanz zwei ent-

gegengesetzte Wirkungen gleichzeitig ausübe!" Wo ich also sagte, ein Licht übe gar keine Wirkung auf eine bestimmte Sehsubstanz aus, d. h. es bewirke in derselben weder Dissimilirung noch Assimilirung, oder wo ich sagte, ein Licht bewirke je nach dem Ueberwiegen des A- oder des D-Momentes entweder Assimilirung oder Dissimilirung, sagt Kries, ich hätte behauptet, es übe zwei entgegengesetzte Wirkungen zugleich aus, wirke zugleich assimilirend und dissimilirend.

Wenn Jemand sagen würde, die Schwere bewirke an einem bestimmten, in seinem Schwerpunkte unterstützten doppelarmigen Hebel gar keine Drehung, weil das summarische Drehungsmoment auf der einen Seite eben so gross ist, wie auf der anderen, so sagt er doch nicht, die Schwere drehe den Hebel gleichzeitig in zwei entgegengesetzten Richtungen. Indem Kries statt der Ursache (der Reizkraft, der Valenz) die Wirkung (Assimilirung oder Dissimilirung) einsetzt, schafft er selbst einen Anlass, meine Theorie als widersinnig hinzustellen. Dem Allen liegt bei Kries keineswegs Sophistik zu Grunde, sondern lediglich der Mangel strenger Scheidung gewisser fundamental verschiedener Begriffe, insbesondere des Begriffes: physiologischer Reizwerth oder Reizkraft eines Lichtes, d. i. die Kraft, mit welcher es die Sehsubstanz zu einer bestimmten Veränderung antreibt, und des Begriffes: Reizerfolg, d. i. die Veränderung, welche dieses Licht wirklich in der Sehsubstanz herbeiführt, ihre Erregung (Assimilirung oder Dissimilirung) und weiterhin Empfindung. In seiner grösseren Abhandlung über die „Gesichtsempfindungen" spielt die fortwährende Vertauschung dieser Begriffe eine grosse Rolle. Kries freilich antwortet darauf, das Alles sei in der Farbenlehre nicht so bedenklich, wie ich es hingestellt, man wisse ja doch, was gemeint sei. Das eben angeführte Beispiel einer derartigen unbewussten Verschiebung der Begriffe illustrirt diesen Satz zur Genüge.

Wie ungenau und sinnverschiebend Kries bei der Wiedergabe meiner Worte verfährt, zeigt auch folgender Satz seiner letzten Abhandlung (S. 115). „Die Hering'sche Theorie nimmt an, dass es fünf Urvalenzen gebe, nämlich ein Dissimilationsmoment für die schwarzweisse, ferner je ein Dissimilations- und Assimilationsmoment für die rothgrüne und blaugelbe Sehsubstanz." Der Leser würde hiernach meinen müssen, die Worte Ur-

valenz und Moment bedeuteten für meine Theorie ein und dasselbe. Nun habe ich aber einerseits ganz ausführlich auseinandergesetzt[1]), dass ich unter optischer Valenz nur den physiologischen Reizwerth eines Lichtes, d. h. sein Vermögen verstehe, das Sehorgan zu einer bestimmten Art innerer Veränderung anzuregen, also eine dem Lichte in Bezug auf das Sehorgan eigenthümliche Reizkraft, während ich das Moment definirt habe als das Product aus dem Reize und der Erregbarkeit. Die Valenz oder eine beliebige Componente derselben (Urvalenz) ist also unabhängig von den Veränderungen der Erregbarkeit, das Moment aber nicht. Beide Begriffe verwechseln bedeutet für meine Theorie das Analoge wie die Verwechslung der Begriffe Kraft und Moment in der Mechanik. Nun denke man sich Einen, der beim Studium einer Abhandlung über Mechanik obige Begriffe verwechseln würde, so hat man ein Bild von der Stellung, welche Kries meiner Theorie gegenüber einnimmt.

Meine Theorie enthält lediglich in Bezug auf die Processe in der psychophysischen Substanz des Sehorganes eine Hypothese. Ich habe diese Substanz als Sehsubstanz bezeichnet und im Interesse der einfacheren Darstellung angenommen, dass sie aus drei Componenten bestehe. Ueber die ersten, unmittelbaren Wirkungen des Lichtes im peripheren Auge sagt meine Theorie gar nichts aus. So wenig ist dies der Fall, dass man ihr dies von andrer Seite zum Vorwurf gemacht und deshalb die ganze Theorie als ein „willkührliches aus der Analyse der Empfindungen abgeleitetes Schema der centralen Processe" bezeichnet hat. Kries dagegen verlegt irrthümlich alles das, was meine Theorie von der psychophysischen Substanz aussagt, in eine photochemische Substanz der Netzhaut (nach Art des Sehpurpurs) und baut auf dieses abermalige quod pro quo seine Einwände.

In meiner Abhandlung über das Newton'sche Mischungsgesetz, in welcher meine Theorie nur ganz beiläufig neben vielen anderen erwähnt wird, erörterte ich eine Gruppe möglicher Theorien, welchen die Annahme zu Grunde liegt, dass die Componenten (Urvalenzen), in welche man sich den Reizwerth (die optische Valenz) eines Lichtes zerlegt denken kann, paarweise derart zusammen-

1) Ueber Newton's Gesetz der Farbenmischung. Einleitung, Anmerkung 2 und § 26.

gehören, dass jede Componente eines Paares dem Sehorgan einen Antrieb giebt, der genau entgegengesetzt ist demjenigen, welcher durch die andere Componente desselben Paares gegeben wird, daher zwei solche Componenten oder Urvalenzen sich betreffs ihrer Wirkung auf die Sehsubstanz gegenseitig (theilweise oder ganz) aufheben können. Ich bemerkte, dass meine Theorie in diese Gruppe gehöre. Hier sprach ich, so lange ich nicht von meiner Theorie im Besonderen, sondern von der ganzen Theoriengruppe handelte, wiederholt von der „empfindlichen Substanz" des Sehorganes und der Einwirkung der einzelnen Urvalenzen auf dieselbe. Wer meine Theorie nicht kennt, könnte das vielleicht dahin missverstehen, dass unter empfindlicher Substanz hier eine photochemische Substanz gemeint sei, obwohl ich keineswegs lichtempfindliche Substanz gesagt habe, weil eben dieser Ausdruck gewöhnlich von sogenannten photochemischen Stoffen gebraucht wird. Für den Kenner meiner Theorie aber ist klar, dass hier unter empfindlicher Substanz des Sehorgans nur die psychophysische Substanz zu verstehen ist, weil eben in meiner ganzen Theorie irgendwelche photochemische Substanz gar nicht erwähnt wird. Der Irrthum von Kries ist übrigens viel älter als diese meine Abhandlung über das Newton'sche Mischungsgesetz. Denn er sagte schon in seiner Abhandlung über die Gesichtsempfindungen[1]. „Hering führt alle" (simultanen) „Contrasterscheinungen auf Modifikationen der Processe im peripheren Nerven zurück, auf Veränderungen der Dissimilations- und Assimilationsprocesse." Ich habe aber von solchen Processen lediglich in Bezug auf die psychophysische Substanz gesprochen, wie jeder Leser meiner „Mittheilungen" leicht bestätigen kann (vergl. insbesondere § 25, 27 und 42). Auch habe ich schon in meiner ersten „Mittheilung", wo von der psychophysischen Substanz noch gar nicht die Rede war, mit gesperrter Schrift hervorgehoben, dass, wenn ich der Kürze wegen von Reaction oder veränderter Thätigkeit einer Netzhautstelle sprach, man sich jedesmal hinzugefügt denken müsse: „Beziehentlich derjenigen Optikusfasern und Hirntheile, welche beim Zustandekommen der Empfindung des auf jene Netzhautstelle wirkenden Lichtreizes mit betheiligt sind".

Dass das Licht im peripheren Auge zunächst chemische Processe bewirkt, und dass auch die Erregung im Nerven und in der psychophysischen Substanz als ein chemischer Process aufzufassen sei, war allerdings immer meiner Ansicht, und ich habe dies im Gegensatze zur Fechner'schen Theorie seinerzeit auch ausgesprochen. Die Processe der Dissimilation und Assimilation in der Sehsubstanz aber dürfte man, auch wenn man diese psychophysische Substanz als bis in die Netzhaut reichend annehmen will, schon deshalb nicht als photochemische bezeichnen, weil bekanntlich das Licht

1) Arch. f. Physiol. 1882. Supplement S. 121.

weder die Fasern des n. opticus, noch auch die Nervenzellen oder Fasern des Gehirns unmittelbar zu erregen vermag.

Schliesslich habe ich noch einiges zu den einleitenden Worten der jüngsten Abhandlung von Kries zu bemerken. Er sagt:

„Zunächst habe ich es mit grosser Freude zu begrüssen, dass die experimentellen Ergebnisse zweier meiner Arbeiten von Hering auf Grund eigener Versuche in vollem Umfange bestätigt, nicht minder, dass dieselben als bedeutungsvoll für eine Theorie der Gesichtsempfindungen gewürdigt werden. In der ersteren dieser Arbeiten habe ich den Satz aufgestellt: Verschieden zusammengesetzte Lichter, welche dem unermüdeten (neutral gestimmten) Auge gleich erscheinen, erscheinen auch dem irgendwie ermüdeten (umgestimmten) Auge gleich. In der zweiten wurde gezeigt, dass wenn die physiologische Wirkung zweier (objectiv verschiedener) Lichtgemische gleich ist, diese Gleichheit bestehen bleibt, wenn die Intensität sämmtlicher Lichter in demselben Verhältnisse vermehrt oder vermindert wird. Die Bestätigung beider Sätze durch Hering ist mir um so erfreulicher, als bezüglich des ersteren bisher ausser den meinigen noch gar keine Versuche vorlagen, die Giltigkeit des zweiten früher meist als selbstverständlich vorausgesetzt, neuestens aber bisweilen bezweifelt worden ist."

Man kann, wie ich in meiner Abhandlung über das Newtonsche Mischungsgesetz zeigte, den Beweis für die Richtigkeit dieses Gesetzes in zweierlei Weise führen: Erstens, indem man aus der nöthigen Anzahl von Farben zwei Farbengleichungen herstellt, aus denselben eine dritte berechnet, dann die berechnete wirklich herstellt und zeigt, dass das Experiment mit der Berechnung stimmt. In dieser Weise verfuhren schon Maxwell und Aubert in Bezug auf Farbentüchtige, Hochecker in Bezug auf Farbenblinde (neuerdings Biedermann in Bezug auf die „periphere Farbenblindheit"). Dadurch nun, dass sich mit beliebigen Lichtern brauchbare Farbengleichungen herstellen liessen, war der Beweis (s. u.) für den ersten von Kries erwähnten Satz, dadurch dass sich Farbengleichungen durch Rechnung vorausbestimmen liessen, der Beweis für den zweiten von ihm angeführten Satz schon längst geliefert, letzteres natürlich innerhalb der Grenzen der Genauigkeit, mit welcher Rechnung und Experiment übereinstimmten. Denn die Berechnung einer neuen Gleichung aus zwei bereits gegebenen schliesst ja doch eine fortwährende Anwendung des zweiten Satzes

in sich ein, und wenn das Ergebniss der Rechnung sich experimentell bestätigt, so ist eben auch die Richtigkeit dieses Satzes bestätigt. Für den ersten Satz aber liefert jede einzelne Farbengleichung eine Probe, sofern man sie, was ja unvermeidlich ist, einige Zeit ansieht; und so viel Farbengleichungen im Laufe der Zeit gemacht worden sind, soviel experimentelle Einzelbeweise waren für diesen Satz bereits geliefert worden. Wenn nämlich die subjective Gleichheit der beiden objectiv verschiedenen Lichter einer Farbengleichung durch „Ermüdung" des Auges für die Lichter der Gleichung gestört werden könnte, so wäre es ganz unmöglich, dass jedes solche Lichterpaar dem Beobachter z. B. in der fünften Sekunde der Betrachtung noch ebenso gleich erscheint wie in der ersten. Denn in dem Maasse, als man überhaupt eine Farbengleichung ansieht, „ermüdet" ja auch das Auge für die Lichter der Gleichung, und da sich bekanntlich die Folgen der „Ermüdung" durch irgendwelches Licht schon nach wenigen Sekunden nachweisen lassen, so würde eine im ersten Augenblick ganz richtige Farbengleichung in dem Maasse zur Ungleichung werden, als man sie länger betrachtet. Da nun die Herstellung einer Farbengleichung eine ziemlich lange, prüfende und vergleichende Betrachtung erfordert, so würde dies praktisch genommen bedeuten, dass die Herstellung einer solchen Gleichung in jedem Falle unmöglich wäre, in welchem dieselbe durch Ermüdung für die Lichter der Gleichung gestört werden könnte. Wäre es doch gelungen, die beiden Seiten einmal ganz gleich zu machen, und man würde einige Sekunden wegschauen und die Gleichung dann wieder ansehen, so würde sie nicht mehr stimmen. Wenn ein solcher Fall jemals vorgekommen wäre, so wäre er sicher mitgetheilt worden.

Aus zwei farbigen Lichtern kann man bekanntlich ein Gemisch herstellen, welches einem dritten farbigen Lichte ganz gleich erscheint, falls man auf der einen oder andern Seite der Gleichung die nöthige Menge „weissen" gemischten Lichtes zusetzt. Derartige Gleichungen waren bereits von Maxwell und Aubert mit Pigmentlichtern, von Maxwell und J. J. Müller mit spectralen Lichtern hergestellt worden. Da nun diese Gleichungen von den verschiedensten Farben waren, so bewies die Möglichkeit ihrer durch die „Ermüdung" nicht gestörten Herstellung, dass das Auge für beliebige Farben ermüdet werden kann, ohne dass dadurch die vor Beginn der „Ermüdung" bestandene Gleichheit des

Reizwerthes der einerseits nur aus zwei homogenen Strahlungen, andererseits aus allen möglichen Strahlen des Spectrums zusammengesetzten Lichter zerstört wird. Auf Grund dieser Erfahrungen war von vornherein zu erwarten, dass eine einmal hergestellte Gleichung auch durch eine zwischendurch erzeugte „Ermüdung" für eine andere Farbe, als die der Gleichung selbst, nicht gegestört werden würde. Denn es wäre nicht einzusehen, warum die physiologische Aequivalenz zweier ganz verschieden zusammengesetzter Lichter ganz ausschliesslich nur dann durch Ermüdung für eine bestimmte Farbe gestört werden sollte, wenn diese Farbe nicht die Farbe der Gleichung selbst ist.

Somit wäre eine Behauptung, wie sie Kries irrthümlich in meiner Theorie gefunden hat, schon durch die früheren Untersuchungen der genannten Forscher widerlegt gewesen.

Ein zweiter Weg zum Beweise des Newton'schen Gesetzes der Farbenmischung besteht darin, erstens experimentell festzustellen, dass eine Farbengleichung bestehen bleibt, wenn man jeder Seite der Gleichung je eines von zwei Lichtern zumischt, die ebenfalls untereinander gleich erscheinen, gleichviel ob sie es auch in objectiver Hinsicht sind oder nicht, und zweitens experimentell darzuthun, dass das Bestehen einer Farbengleichung von beliebigen Erregbarkeitsänderungen des Sehorganes ganz unabhängig ist. Hier gilt es also, Sätze, welche durch die Versuche der oben genannten Autoren indirect bewiesen wurden, durch directe Versuche zu beweisen. Sind sie bewiesen, so ergiebt sich aus ihnen logischer Weise auch die Möglichkeit, neue Gleichungen aus schon gefundenen durch Rechnung voraus zu bestimmen und die optischen Valenzen auf Grund einer Schwerpunktconstruction räumlich anzuordnen. Diesen Weg habe ich in meiner Abhandlung eingeschlagen. Dabei hatte ich nun Veranlassung, den eben genannten Sätzen durch Beibringung eines möglichst reichen Materials an Thatsachen eine recht breite empirische Basis zu verschaffen, und also Gelegenheit, neben allen eignen Erfahrungen auch einerseits die von Kries für den Satz von der Unabhängigkeit der Farbengleichungen von Erregbarkeitsänderungen beigebrachten Thatsachen zu erwähnen, anderseits auch seine Versuche zum Beweise des Satzes, dass eine Farbengleichung bestehen bleibt, wenn man die Intensität der Lichter beider Seiten

in demselben Verhältniss verändert. Dieser Satz enthält nur einen Specialfall des eben erwähnten ersten Satzes und war von Grassmann als selbstverständlich angenommen, von Aubert[1]) für Gleichungen am Farbenkreisel durch directe Versuche erhärtet worden. Ich hatte denselben bei Gelegenheit der experimentellen Prüfung des allgemeinen ersten Satzes schon vor längerer Zeit ebenfalls durch directe Versuche mit Kreiselgleichungen und spectralen Gleichungen erprobt, wie ich dies gegenüber gewissen Angaben von van der Weyde und König in meiner Abhandlung über individuelle Verschiedenheiten des Farbensinns ausführlich erwähnt habe. Kurz vor dem Drucke dieser Abhandlung erschien eine Abhandlung von Kries und Brauneck[2]), in welcher ebenfalls Versuche zum Beweise dieses Specialsatzes mitgetheilt waren, die ich noch in einem Nachtrage erwähnt habe[3]).

---

1) Physiologie der Netzhaut. 1865. S. 177.

2) Arch. f. Physiol. von Du Bois-Reymond. 1885. S. 79.

3) Wenn Kries vermuthet, ich hätte übersehen, dass der Satz von Grassmann, nach welchem gleich aussehende Lichter gemischt gleich aussehende Mischungen geben, den soeben besprochenen Specialsatz implicite mit enthalte, so begeht er abermals einen auffälligen Irrthum, denn ich habe gerade an der Stelle, welche Kries zum Beweise citirt, selbst schon gesagt, dass man dem Grassmann'schen Satze diese erweiterte Bedeutung geben könne, dass aber Grassmann ihn nicht so gemeint habe, weil er den genannten Specialsatz gleich von vornherein als selbstverständlich voraussetzte. — Wie rasch Kries über die Untersuchungen eines Andern abzuurtheilen vermag, zeigt auch seine Bemerkung, dass durch die neuesten Untersuchungen König's und Dieterici's „die Existenz zweier getrennten Classen von Farbenblinden, von welchen die eine im Sinne der Helmholtz'schen Theorie Rothblinde, die andere Grünblinde sind, in einer jeden Zweifel ausschliessenden Weise bestätigt worden" sei. Ich kann nicht annehmen, dass Kries bei einem sorgfältigen Studium dieser Untersuchungen nicht erkennen würde, wie z. B. die sogenannten „Intensitätscurven der Elementarempfindungen" König's auf ganz willkürliche, zum Theil nachweisbar irrige, zum Theil das Endergebniss bereits präjudicirende Annahmen aufgebaut werden, und wie die Umrechnung dieser Curven in die „Curven der Grundempfindungen" auf der falschen Deutung und Benutzung einer an sich brauchbaren Formel beruht; dass er nicht sehen sollte, wie paradox das Endresultat der ganzen Untersuchung ist, nach welchem die von mir als Hauptfarben bezeichneten Farbentöne, nämlich das reine Roth. Grün und Blau „genau" identisch sein sollen mit den drei „Grundempfindungen" König's, drei Empfindungen oder Farbentöne also, von denen zwei, nämlich das reine Roth und Grün, zwei com-

Dies also sind die Beziehungen, welche zwischen meiner Abhandlung über das Newton'sche Mischungsgesetz und den beiden von Kries erwähnten Abhandlungen bestehen. —

Ich sagte seiner Zeit, „ich sei weit entfernt zu glauben, dass die von mir entwickelte Theorie endgiltig richtig sei, aber ich sei der Meinung, dass sie der Wahrheit näher komme als die bisher übliche." Ich sagte ferner, „dass gerade mein Bestreben, an die damals geltenden Sätze der allgemeinen Nervenphysiologie möglichst anzuknüpfen, es später bedingen werde, dass die fortschreitende Erkenntniss des Wesens der Nerventhätigkeit auch meine Theorie modificiren werde". „Spätere ausführlichere Erörterungen einzelner Fragen" — so schloss ich meine Mittheilungen — „werden mir Gelegenheit geben, die vorläufigen Erklärungen entweder als die richtigen zu erweisen oder durch bessere zu ersetzen. Die Hauptsätze der Theorie werden dadurch, wie ich hoffe, nicht alterirt werden." Hierdurch ist zur Genüge ausgedrückt, dass ich begründete Einwände dankbar zu würdigen wissen werde.

Eine Polemik aber, welche sich auf die Voraussetzung gründet, dass mir längst bekannte Thatsachen des von mir besonders bearbeiteten Gebietes unbekannt geblieben seien, welche für die von mir gebrauchten Ausdrücke auf Grund unsicherer Erinnerung an das einst Gelesene andere einsetzt und dadurch, wenn auch unabsichtlich, den Sinn entstellt, welche auf Grund einer flüchtigen

---

plementären Lichtern entsprechen etc. Diese ganze Untersuchung König's steht ja doch auf gleicher Stufe mit jener früheren (du Bois-Reymond's Arch. 1885, S. 161), in welcher er durch „Erfahrungsthatsachen" (ebenfalls Farbengleichungen) bewies, dass das „Farbensystem" der partiell Farbenblinden von nur einer Variablen abhängig sei, eine Ansicht, von der er allerdings, wie die eben erwähnte Abhandlung lehrt, schon wieder zurückgekommen ist.

Ganz neuerdings zeigt König wieder (Sitzungsberichte der Berliner Akademie vom 31. März 1887), dass für partiell Farbenblinde zur Herstellung einer Gleichung zwischen einem Gemisch zweier homogenen Lichter und einem dritten homogenen Lichte die ersteren, je nach der Intensität des letzteren, in ganz verschiedenen Verhältnissen gemischt werden müssen, z. B. in einem bestimmten Falle bei der Intensität = 1 im Verhältniss 0,049 : 4,28 d. i. 1 : 87,35, bei der Intensität = 32 im Verhältniss 0,076 : 0,114 d. i. 1 : 1,5! Hiernach würden sich also auf Grund solcher Gleichungen „Intensitätscurven" überhaupt nicht construiren lassen und die Ergebnisse der von Kries citirten früheren Untersuchung König's illusorisch sein.

Lektüre Begriffe, die ich besonders definirt und streng geschieden habe, verwechselt und die dadurch entstehenden Widersprüche gegen mich verwerthet: eine solche Polemik würde ich auch dann als unzulässig bezeichnen müssen, wenn sie die Grenzen einer wissenschaftlichen Gegenrede nicht überschritten hätte.

Ueber den Einfluss von Trigeminus-Reizen auf den Tast- und Temperatursinn der Gesichtshaut.

Von

Victor Urbantschitsch
in Wien.

Bei Mittelohrentzündungen beobachtete ich häufig eine herabgesetzte Empfindlichkeit an der Umgebung des Ohres und an der Ohrmuschel[1]), an welchen Stellen auch manche Kranke über ein infolge der Ohrentzündung aufgetretenes „taubes Gefühl" klagten; ausserdem fand ich nicht selten bei beiderseitiger Mittelohrerkrankung, dass die Einführung eines Katheters durch die Nase sowie die Durchführung einer Sonde durch den Tubenkanal an Seite des stärker erkrankten Ohres weniger schmerzhaft empfunden wurde, als an der dem besseren Ohre entsprechenden Seite und dass ferner eine anfänglich wenig schmerzhafte Einführung der genannten Instrumente, mit Abnahme der Mittelohrentzündung, trotz der durch die wiederholt vorgenommene Behandlung mittlerweile eingetretene Gewöhnung, zuweilen auffällig empfindlicher wurde.

Diese Beobachtungen forderten zu weiteren Untersuchungen des Tastsinnes bei Mittelohrerkrankungen auf, deren Ergebnisse ich hiermit vorlege.

Die Tastprüfungen wurden nur an solchen Fällen von Mittelohrerkrankungen angestellt, bei denen die Erkrankung auf das Mittelohr beschränkt blieb, also keine Mitbetheiligung des äusseren Ohres bestand; es wurden ferner von der Untersuchung alle Fälle

1) S. Pflüger's Archiv, 1883, Bd. 30, S. 173.

ausgeschlossen, in denen die Angaben nicht mit voller Bestimmtheit gemacht werden konnten, sowie auch nur jene Angaben berücksichtigt wurden, die bei wiederholten Ueberprüfungen stets in demselben Sinne erfolgten. Als Untersuchungsgebiet wählte ich den Ohreingang, die vordere Fläche der Ohrmuschel, vor Allem die unmittelbar vor dem Ohreingang (vor dem Tragus) gelagerte Hautstelle, ferner die Wange, die Stirne und die Gegend des Unterkiefers bis zum Kinn (bei bebärteten Individuen entfiel die Prüfung dieses letzteren Gebietes). Von den angeführten Gesichtsstellen kamen stets die einander entsprechenden Partien der rechten und der linken Gesichtshälfte in rascher Folge oder auch gleichzeitig zur Untersuchung. Dieselbe erstreckte sich auf Prüfung der Hautempfindlichkeit gegen leichte Striche, gegen Druck und gegen die Temperatur. Die oberflächliche Berührung wurde mit feinen Pinselhaaren, zuweilen mit einem einzelnen Haare vorgenommen. Behufs Feststellung der Druckempfindlichkeit an der rechten und linken Gesichtshälfte bediente ich mich zweier Stäbe, von denen jeder mit einer Feder umwunden durch eine Metallhülse gesteckt war, so dass die beiden von der Spiralfeder freien Enden des Stabes aus der Metallhülse hervorragten. Das spitze Stabende wurde der zu prüfenden Hautstelle aufgesetzt und je nach der Stärke des ausgeübten Druckes in die Metallhülse verschieden tief hineingedrückt, wobei das andere Stabende aus der Metallhülse entsprechend weit hervortrat. Ein auf diesem Stabende angebrachter Maassstab ermöglicht eine genaue Bestimmung der Länge des aus der Metallhülse hervorragenden Theiles des Stabes. Auf diese Weise konnten die einander entsprechenden Theile beider Gesichtshälften genau controllirbaren gleichen Druckstärken ausgesetzt werden, wobei etwa vorhandene Unterschiede in der Druckempfindlichkeit der geprüften Stellen auffällig hervortraten. Zur Vermeidung etwa im Instrumente gelegener Fehlerquellen fand bei den Controllversuchen stets die Prüfung abwechselnd mit beiden Stäben Statt.

Zur Feststellung der Temperatur-Empfindlichkeit wählte ich anfangs zwei mit lauem Wasser angefüllte Glascylinder, von denen jeder in einen Metallansatz überging, dessen Ende rechtwinkelig mit einem kleinen hohlen Metallcylinder verbunden war, der durch eine papierdünne Metallplatte[1]) geschlossen wurde und mit der

1) S. Nothnagel, Deutsch. Arch. f. klin. Medic. 1866, Bd. 2.

Glasröhre in offener Verbindung stand, so dass sich die Temperatur-Aenderungen des im Cylinder befindlichen warmen Wassers durch die Metallplatte deutlich zu erkennen gaben; durch Einstellung eines Thermometers, das bis an den Metallboden hinabreichte, wurde die Temperatur des mit der Haut in Berührung kommenden Ansatzes des Metallcylinders genau bestimmt. Bei den späteren Versuchen verliess ich diese Methode, da die allzu rasch eintretende Abkühlung der erwärmten Flüssigkeit die Vornahme von Controllversuchen sehr erschwerte und benutzte für jede Gesichtshälfte einen mit einer hölzernen Handhabe versehenen Metallstab, der in einen Metallcylinder überging, dessen obere Fläche napfförmig ausgehöhlt war, so dass die Kugel eines Thermometers in die Höhlung aufgenommen wurde [1]). Die andere flache Seite des Metallcylinders war zum Aufsetzen auf die Haut bestimmt. An beiden Instrumenten war die Grundfläche des Cylinders von gleicher Grösse und selbstverständlich zeigten beide Thermometer gleich; ausserdem wurden, wie bei den Tastprüfungen, die beiden Instrumente bei Vornahme von Controllversuchen fortwährend umgetauscht.

Von den untersuchten Fällen habe ich nur jene berücksichtigt, bei denen während der unmittelbar auf einander folgenden Prüfungen keine einander widersprechenden Angaben gemacht wurden. Es zeigte sich dabei häufig, dass bei demselben Individuum die wiederholt angestellten Prüfungen an einzelnen Hautstellen übereinstimmende Ergebnisse lieferten, wogegen an anderen Partien des Gesichtes die erregten Empfindungen in sehr schwankender Stärke auftraten. Diese letzteren finden sich in diesen Mittheilungen nicht verzeichnet, sondern es wurden nur die in allen Controllversuchen identisch vorgefundenen Empfindungen berücksichtigt, weshalb auch in den später angeführten Fällen betreffs einzelner Hautpartien das gewonnene Prüfungsergebniss nicht angegeben ist.

Die in Fällen von acuter oder chronischer phlegmonöser Entzündung der Paukenhöhle der einen Seite bei normalem Zustande der Paukenhöhle der anderen Seite angestellten Untersuchungen ergaben folgendes:

Ohrmuschel. Der Strich der Pinselhaare wurde an der erkrankten Seite unter 32 Fällen 19 mal schwächer, als an der

1) Das Instrument wurde von Dr. Clar (in Gleichenberg) angegeben.

Ohrmuschel der gesunden Seite, 5 mal gleich stark, 8 mal stärker empfunden.

An der unmittelbar vor dem Ohreingange bez. vor dem Tragus gelegenen Stelle erregte der Pinselstrich unter 40 Fällen an der erkrankten Seite 29 mal eine schwächere, 5 mal eine gleich starke, 6 mal eine stärkere Empfindung im Vergleiche mit der identischen Stelle an der anderen Seite. Die Temperaturempfindlichkeit (s. unten) erschien an der erkrankten Seite unter 29 Fällen 12 mal vermindert, 5 mal gleich intensiv, 12 mal vermehrt; die Druckempfindlichkeit unter 16 Fällen 9 mal vermindert, 5 mal von gleicher Intensität, 2 mal vermehrt. Die Nachempfindlichkeit gegen Druck (s. unten) erwies sich unter 18 Fällen 10 mal abgeschwächt, 2 mal von gleicher Intensität, 6 mal verstärkt.

Wange. Unter 35 Fällen wurde der Pinselstrich 19 mal schwächer, 6 mal gleichstark, 10 mal stärker empfunden.

Stirne. Unter 33 Fällen fand sich 14 mal eine verminderte, 11 mal eine gleichstarke, 8 mal eine vermehrte Empfindlichkeit gegen den Strich von Pinselhaaren vor.

Unterkiefer. Unter 29 Fällen wurden die Striche 18 mal schwächer, 5 mal gleich stark, 6 mal stärker empfunden.

Die soeben angeführten Beobachtungen ergaben also, dass auf Seite des erkrankten Mittelohres die Tastempfindlichkeit im Vergleiche mit der anderen Gesichtshälfte seitens des gesunden Ohres auffällig häufig herabgesetzt erschien und dass ferner auch der Temperatursinn in den meisten der beobachteten Fälle an der erkrankten Seite eine Veränderung aufwies, die in einer Reihe von Fällen in einer Verminderung, in anderen Fällen in einer Vermehrung der Temperatur-Empfindlichkeit bestand.

Um den Einfluss der Entzündungen des Mittelohres auf den Tast- und Temperatursinn näher kennen zu lernen, habe ich in 10 Fällen von acuter Entzündung der Paukenhöhle, bei normalem Verhalten des anderen Ohres, die Prüfungen der Tast- und Temperatur-Empfindungen in den verschiedenen Stadien der Entzündung bis zu deren vollständigem Ablaufe angestellt und theile im Nachfolgenden die diesbezüglichen Prüfungsergebnisse mit.

I) Karl Thalhofer erhielt am 6. September 1886 beim Erdschaufeln ein Stück Erde ans rechte Ohr geschleudert. Unmittelbar danach stellte sich an diesem Ohre Sausen und Schwerhörigkeit ein, 20 Minuten später erfolgten Ohrenschmerz und ein seröser Ausfluss aus dem rechten Ohre. Die am 15.

September vorgenommene Untersuchung ergab eiterige Entzündung der Paukenhöhle rechterseits, bei Perforation des Trommelfelles, linkerseits normales Gehörorgan.

Die Ohrmuschel erwies sich gegen deu Pinselstrich beiderseits von gleicher Empfindlichkeit. Unmittelbar vor dem Ohreingang (vor dem Tragus) wurde der Pinselstrich rechts schwächer empfunden als links; die Region der verminderten Tastempfindlichkeit erstreckt sich vom Tragus aus 3 cm medianwärts gegen die Wange, 3 cm nach unten gegen das Kinn, 3 cm nach oben gegen die Stirne.

18/9. Die Ohrmuschel ist gegen den Pinselstrich rechterseits weniger empfindlich als linkerseits, dagegen findet sich rechts eine erhöhte Hautsensibilität vor vom Tragus bis 6 cm gegen die Nase und bis 3 cm gegen das Kinn. An der Stirne besteht beiderseits die gleiche Sensibilität.

26/9. Der Eiterausfluss aus dem rechten Ohre hat aufgehört, die Lücke des Trommelfelles ist geschlossen. Die Pinselstriche werden an allen Stellen der rechten Gesichtshälfte in gleicher Stärke empfunden wie an den entsprechenden Stellen der linken Gesichtshälfte.

19/11. Die Entzündung erscheint vollständig abgelaufen. Gehör fast normal. Die Pinselstriche werden bilateral gleich stark empfunden, nur erregen sie an der Ohrmuschel und an der vor dem Tragus gelegenen Hautpartie rechts ein stärkeres Kitzelgefühl als links. Die Empfindlichkeit gegen Druck und Stich erscheint beiderseits gleich.

II) Sofie Nemetz. 4/12. Infolge von Angina trat im rechten Ohre unter Schmerzen vor 5 Tagen eine mässige Entzündung der Paukenhöhle auf. Die Pinselstriche wurden an der Ohrmuschel, am Ohreingang, Kiefer und an der Stirne bilateral gleich stark, an der Stelle vor dem Tragus und von diesem bis zu der Nase rechts stärker empfunden.

7/12. Die Entzündung ist vollständig abgelaufen; die Pinselstriche werden an allen Stellen der rechten Gesichtsseite in derselben Stärke empfunden wie linkerseits.

III) Sabine Darniger. 2/1. 1887. Zwei Tage nach einer Angina traten Schmerzen im rechten Ohre und ein eiteriger Ohrenfluss auf (bei Perforation des Trommelfelles). Der Pinselstrich wurde an der Ohrmuschel, Wange und an der Stelle vor dem Tragus links stärker empfunden als rechts, am Unterkiefer zeigte sich erst 5 cm vom Tragus entfernt beiderseits die gleiche Tastempfindlichkeit. Schläfe und Stirne ergaben bilateral gleiche Empfindungsstärke. Der Stich einer Zirkelspitze wurde unmittelbar vor dem Ohre links genau an der Stichstelle empfunden, rechts dagegen 2—5 Millimeter davon entfernt. Die Dauer der Nachempfindung nach Applikation der oben beschriebenen federnden Spitze betrug unmittelbar vor dem Tragus rechts 6 Sekunden, links 9 Sekunden, an der Wange rechts und links 8 Sekunden, an der Stirne rechts 6, links 8 Sekunden.

18/1. Die Pinselstriche werden an der rechten und linken Ohrmuschel in gleicher Stärke empfunden, vor dem Tragus, sowie an der Wange links

stärker als rechts, an der Stirne und am Unterkiefer rechts stärker als links. Die Nachempfindung des Stiches dauert vor dem Tragus rechts 8, links 10 Sekunden.

28/1. Der Pinselstrich wird an Wange und Stirne beiderseits gleich stark, an der Ohrmuschel, vor dem Tragus und entlang des Unterkiefers links etwas stärker empfunden.

8/2. Der Strich erscheint nur an der Stirne rechts von gleicher Stärke wie links, sonst überall rechts schwächer. Ein flüchtiger Stich vor dem Tragus wird sowohl rechts als links 5 Sekunden nachempfunden, bei einer Einwirkung von 5 Sekunden ergibt sich rechts eine Dauer der Nachempfindung von 13, links von 15 Sekunden. Der neutrale Temperaturpunkt an der Tragus-Gegend wird rechts bei $28^1/_2{}^0$, links bei 28^0 R. angegeben.

11/2. Der Pinselstrich wird an der Stirne und am Unterkiefer beiderseits gleich stark empfunden, dagegen an der Ohrmuschel, vor dem Tragus und an der Wange links stärker. Ein auf die Tragusgegend durch 5 Sekunden andauernder Druck der federnden Spitze wird rechterseits 8, linkerseits 11 Sekunden lang nachempfunden.

15/2. Wange, Stirne und Unterkiefer ergeben beiderseits die gleiche intensive Empfindung des Pinselstriches, der hingegen an der Ohrmuschel und vor dem Tragus links stärker empfunden wird. Die Nachempfindung des Stiches hält rechts 9, links 14 Sekunden an. 32^0 R. rechts und 31^0 R. links ergeben die gleiche Temperaturs-Empfindung.

22/2. Der Pinselstrich wird an der Ohrmuschel und am Kiefer links stärker, an der Tragusgegend, Wange und Stirne beiderseits gleich stark empfunden. Unmittelbar vor dem Tragus erregt der Druck der Spitze rechts eine Nachempfindung von 13, links von 9 Sekunden Dauer. Der neutrale Temperaturpunkt befindet sich beiderseits am Tragus bei 28^0 R.

IV) Blitz, Ignaz. Tympanitis phlegmonosa acuta sinistra.

14/1. Pinselstriche kommen an der Ohrmuschel, der Tragusgegend, Stirne, Wange und am Unterkiefer links verstärkt zur Empfindung. Die Lokalisationsempfindung ist an der Tragusgegend beider Seiten vollständig genau; an derselben Stelle zeigt die Nachempfindung der Sticheinwirkung rechts eine Dauer von 1 Sekunde, links von 3 Sekunden, an der Wange rechts von 1 Sekunde, links von 4 Sekunden, an der Stirne kommt es beiderseits zu keiner Nachempfindung. Die Nachempfindung gegen Temperatur währt an der Tragusgegend rechts 1 Sekunde, links 5 Sekunden.

15/1. Der Pinselstrich ergibt an der Ohrmuschel und Tragusgegend beiderseits eine gleich starke Empfindung, dagegen an der Wange, Stirne und am Unterkiefer bis auf eine Entfernung von 5 cm vom Tragus linkerseits eine verstärkte Empfindung. Die Nachempfindung des auf die Tragusgegend einwirkenden Striches dauert links durch 3, rechts durch 0 Sekunden.

18/1. Das Ohrenleiden links ist bedeutend gebessert. Der Pinselstrich wird an der Ohrmuschel und Tragusgegend links bedeutend stärker als rechts angegeben, am Unterkiefer links etwas stärker, an der Wange rechts stärker

empfunden. Die Nachempfindung des auf die Tragusgegend einwirkenden Druckes beträgt rechts 0, links 3 Sekunden.

21/1. Der Pinselstrich zeigt sich an der Tragusgegend und am Unterkiefer beiderseits von gleicher Stärke, an der Ohrmuschel links, an der Schläfe rechts stärker. Die Nachempfindung am Tragus findet rechts 2, links 3 Sekunden hindurch statt. Die Temperatur von $30^1/_2{}^0$ R. rechts und von 30^0 R. links wird als identisch angegeben.

25/1. Die Entzündung der Paukenhöhle ist abgelaufen. Der Strich erscheint an der Tragusgegend beiderseits von gleicher Stärke, an der Ohrmuschel, Wange und Kinn links stärker. Die Nachempfindung an der Tragusgegend besteht rechts durch 1 Sekunde, links durch 3 Sekunden.

28/1. Der Strich wird nur an der Wange und am Unterkiefer links etwas stärker empfunden, sonst beiderseits gleich intensiv.

8/2. Der Pinselstrich erscheint an allen angegebenen Stellen beiderseits gleich intensiv; die Nachempfindung an der Tragusgegend beiderseits 2 Sekunden; die Temperatur bilateral gleich.

V) Denk Johann. Am 11/1 drang Schnee in den rechten äusseren Gehörgang und verursachte dadurch eine phlegmonöse Entzündung der Trommelhöhle.

25/1. Der Pinselstrich wird an Wange, Stirn, Unterkiefer beiderseits gleich stark, an der Ohrmuschel und vor dem Tragus links stärker empfunden. Die Dauer der Nachempfindung für Strich beträgt an der Tragusgegend beiderseits 3 Sekunden. Die Temperaturangaben sind unverlässlich, Temperaturdifferenzen bis zu $1^1/_2{}^0$ R. werden nicht unterschieden.

26/1. und 28/1. Die Empfindung gegen Pinselstrich ist rechts an allen geprüften Stellen des Gesichtes herabgesetzt. Der Stich der federnden Spitze ergibt an der Tragusgegend rechts eine Dauer von 2, links von 3 Sekunden Nachempfindung.

3/2. Der Pinselstrich erscheint an beiden Gesichtshälften von gleicher Stärke, nur an der Stirne rechts etwas schwächer. Die Nachempfindung des Stiches währt beiderseits durch 3 Sekunden.

VI) Biegelmeyer, Josef, wurde am 7/2. von einer phlegmonösen Entzündung der rechten Paukenhöhle befallen.

15/2. Der Pinselstrich wird an allen Stellen der rechten Gesichtshälfte, so auch an der rechten Halsseite bedeutend schwächer empfunden als linkerseits. 32^0 R. an der rechten und $30^1/_2{}^0$ R. an der linken Tragusgegend ergeben die gleiche Temperatur-Empfindung.

22/2. Nur die Stirne rechts empfindet den Pinselstrich stärker, sonst zeigen alle übrigen Stellen der rechten Gesichtshälfte eine verminderte Empfindlichkeit. Der neutrale Temperaturpunkt befindet sich vor dem Tragus rechts bei 30^0 R., links bei $29^1/_2{}^0$ R.

4/3. Die Entzündung am rechten Ohre ist abgelaufen. Der Pinselstrich wird überall gleich stark empfunden. Eine Nachempfindung bei Stich

der federnden Spitze fehlt; die Temperatur von $32^1/_2{}^0$ R. ergibt rechts dieselbe Empfindung wie 32^0 R. links.

VII) Richter, Adelheid, leidet seit 6 Tagen an eiterigem Ohrenflusse der rechten Seite.

28/1. Der Pinselstrich wird an der Ohrmuschel und vor dem Tragus bald rechterseits, bald linkerseits stärker empfunden, an Wange, Stirn, Unterkiefer rechts stärker. Die Dauer der Nachempfindung gegen Stich beträgt an der Tragusgegend rechts 3, links 4 Sekunden, an der Wange rechts 4, links 5 Sekunden.

16/2. Seit 29/1. hat der Ohrenfluss aufgehört, doch besteht noch eine phlegmonöse Entzündung der rechten Paukenhöhle. Der Pinselstrich ergiebt an der Stirne rechts, an Ohrmuschel, Tragusgegend, Wange und Unterkiefer links eine stärkere Empfindung. An der Tragusgegend erregt die Sticheinwirkung eine Nachempfindung rechts durch 1 Sekunde, links durch 4 Sekunden. Die Temperatur von 30^0 R. wird an beiden Tragusgegenden gleich empfunden, der neutrale Temperaturpunkt liegt beiderseits bei $28^1/_2{}^0$ R.

22/2. Der Pinselstrich wird an der Stirne rechts, an Ohrmuschel, Tragusgegend, Unterkiefer links stärker, an der Wange beiderseits gleich stark empfunden. An der Tragusgegend erregt die Sticheinwirkung rechts eine Nachempfindung von 2 Sekunden, links von 1 Sekunde Dauer.

1/3. Die Trommelfell-Lücke erscheint geschlossen. Der Pinselstrich wird an Ohrmuschel, Tragusgegend und Unterkiefer links stärker, an Wange und Stirne beiderseits gleich stark empfunden. Die Nachempfindung des Stiches dauert rechts 3 Sekunden, links 1 Sekunde. Der neutrale Temperaturspunkt für die Tragusgegend liegt rechts bei $29^1/_2{}^0$ R., links bei $30^1/_2{}^0$ R.

22/3. Die Entzündung ist vollständig abgelaufen. Der Pinselstrich wird an allen Prüfungsstellen beiderseits gleich stark empfunden. Die Stichempfindung an der Tragusgegend hält rechts 3, links 2 Sekunden an. Die Temperatur von $28^3/_4{}^0$ an der rechten Tragusgegend und die von $29^1/_4{}^0$ linkerseits werden als gleich intensiv angegeben.

VIII) Muschenhofer Katharina. Am 20/3 Morgens trat unter heftigen Schmerzen eine phlegmonöse Entzündung der linken Paukenhöhle ein. Patientin stellte sich noch an demselben Tage Nachmittags vor. Der Pinselstrich wird an beiden Gesichtshälften gleich stark empfunden, die Stich-Nachempfindung dauert rechts 6, links 3 Sekunden. Gleiche Temperaturempfindung an der Tragusgegend erregen $27^1/_2{}^0$ rechts und 28^0 links.

22/3. Strichempfindung ist allseitig gleich; die Stich-Nachempfindung hält rechts durch 5, links durch 4 Sekunden an, die Temperatur von $27^3/_4{}^0$ ist beiderseits neutral.

26/3. Die Entzündung ist abgelaufen. Die Striche werden, wie früher, allseitig in derselben Intensität empfunden, die Stich-Nachempfindung zeigt rechts 3, links 6 Sekunden Dauer.

30/3. Derselbe Befund, nur erregt der Stich an der Tragusgegend rechts eine 7, links eine 6 Sekunden anhaltende Nachempfindung.

IX) Sohr. Rechts acuter Catarrh der Paukenhöhle.

22/3. Der Pinselstrich wird an der rechten Gesichtshälfte überall schwächer empfunden als links. Der neutrale Temperaturpunkt liegt beiderseits an der Tragusgegend bei $28^1/_2{}^0$ R. Die Stichempfindung hält rechts 3, links 9 Sekunden an.

26/3. Die Stich-Nachempfindung dauert rechts durch 2, links durch 4 Sekunden. Der übrige Befund ist wie am 22/3.

2/4. Der Pinselstrich wird an der Wange beiderseits gleich stark empfunden, an Ohrmuschel, Tragusgegend und Kiefer links, an der Stirne rechts stärker. Die Stich-Nachempfindung währt beiderseits durch 3 Sekunden

9/4. Der Pinselstrich wird an der linken Stirnhälfte stärker, an allen anderen Stellen des Gesichtes beiderseits gleich stark empfunden. Die Dauer der Nachempfindung beträgt beiderseits 3 Sekunden.

X) Wanisch, Eduard. Nach Coryza entstand binnen 8 Tagen eine heftige, exsudative Entzündung der linken Trommelhöhle.

22/10 Der Pinselstrich wird an der Ohrmuschel und am Ohreingang, an der Tragusgegend und vom Tragus nach vorne gegen die Wange und nach oben gegen die Stirne bis auf eine Entfernung von 3 cm rechts stärker empfunden, an der mittleren Stirnpartie, an der Wange und am unteren Theile des Unterkiefers beiderseits gleich stark. Der Stich vor dem Tragus ist linkerseits schmerzhaft bei gleicher Dauer der Nachempfindung von 2 Sekunden wie rechterseits. Der neutrale Temperaturpunkt befindet sich rechts bei $27^3/_4{}^0$, links bei 28^0 R.

25/10. Die Entzündung der Paukenhöhle ist sehr heftig. Der Pinselstrich erscheint nur an der Wange beiderseits gleich, an allen anderen Stellen des Gesichtes rechts stärker. Die Dauer der Nachempfindung ergiebt rechts 3, links 0 Sekunden. Der neutrale Temperaturpunkt liegt rechts bei $27^1/_2{}^0$, links bei 28^0 R.

26/10. Die Strichempfindung ist an der Stirne beiderseits gleich stark, an den übrigen Stellen rechts stärker. Die Stichempfindung hält rechts 2 Sekunden, links 1 Sekunde an. Der neutrale Temperaturspunkt befindet sich rechts bei $27^3/_4{}^0$, links bei 28^0 R.

28/10. Ohrmuschel, Tragusgegend, der obere Theil des Unterkiefers empfinden den Pinselstrich rechts stärker, die übrigen Gesichtsstellen beiderseits gleich stark. Die Nachempfindung des Stiches mit der federnden Spitze ergiebt rechts 2 Sekunden, links 1 Sekunde. Der neutrale Temperaturspunkt befindet sich rechts bei $27^1/_2{}^0$, links bei 28^0 R.

2/11. Ohrmuschel und Tragusgegend empfinden den Pinselstrich rechts stärker, die anderen Gesichtsstellen beiderseits gleich stark.

5/11. Die Entzündung der linken Trommelhöhle ist abgelaufen. Der Pinselstrich erscheint an allen Gesichtsstellen beiderseits gleich stark. Die Nachempfindung des Stiches währt beiderseits bei $27^3/_4{}^0$ R.

16/11. Der neutrale Temperaturpunkt befindet sich beiderseits bei 27^0 R.; im übrigen ist der Befund identisch mit dem vom 5/11.

Eine Zusammenstellung dieser oben mitgetheilten 10 Fälle ergiebt folgendes:

Die Tastempfindlichkeit gegen Pinselstriche zeigte sich am 1. Prüfungstage, an Seite des erkrankten Ohres:

a) An der Ohrmuschel und am Ohreingange in 5 Fällen (III, V, VI, IX, X) vermindert, in 1 Falle (IV) gesteigert, in 4 Fällen (I, II, VII, VIII) von gleicher Empfindlichkeit mit den entsprechenden Stellen des gesunden Ohres.

Die Herabsetzung der Tastempfindlichkeit erwies sich in einem Falle (III) noch 14 Tage nach Ablauf der eiterigen Entzündung der Paukenhöhle als vermindert, in den übrigen Fällen hob sich mit Ablauf der Ohrentzündung die Sensibilität an der erkrankten Seite bis zur gleichen Stärke mit der Tastempfindlichkeit am gesunden Ohre (V, VI, IX, X).

Eine Steigerung der taktilen Empfindlichkeit wurde in einem Falle (IV) von mehrtägiger acuter eiteriger Entzündung der Paukenhöhle beobachtet. Die Steigerung hob sich nach einer vorübergehenden Abnahme der Empfindlichkeit 4 Tage nach vorgenommenem Einschnitte durch das Trommelfell beträchtlich und sank 7 Tage nach Heilung der Trommelfell-Lücke und Ablauf der Entzündungserscheinungen, auf die Empfindungsstufe der anderen Seite zurück.

Die gleiche Empfindlichkeit mit der Ohrmuschel und dem Ohreingange der anderen Seite war in 2 Fällen (II, VIII) an allen Prüfungstagen vorhanden; in den beiden übrigen Fällen (I, VII) sank die ursprüngliche Empfindlichkeit unter die Sensibilitätsstufe der gesunden Seite und stieg nach erfolgter Heilung der Ohrentzündung auf die frühere Höhe.

Die Tragusgegend, nämlich die unmittelbar vor dem Tragus gelegene Hautstelle ergab eine Verminderung der Tastempfindlichkeit gegen Pinselstriche in 6 Fällen (I, III, V, VI, IX, X), eine Vermehrung in 2 Fällen (II, IV), eine gleich starke Empfindlichkeit mit der betreffenden Stelle der anderen Gesichtshälfte seitens des gesunden Ohres in 2 Fällen (VII, VIII).

Die Verminderung des Tastsinnes ging in sämmtlichen 6 Fällen nach Ablauf der Ohrentzündung wieder zurück, so dass schliesslich beiderseits gleiche Empfindlichkeit bestand. In dem einen der 6 Fälle (I) folgt auf die verminderte Empfindung eine,

im Vergleiche mit der gesunden Seite, erhöhte Empfindlichkeit, die später in eine beiderseits gleiche Sensibilität überging.

Von den beiden Fällen mit Vermehrung der Hautempfindlichkeit ging der eine Fall (II) rasch auf die Sensibilitätsstufe der anderen Seite herab, indess in dem anderen Falle (IV) nachträglich eine Abnahme, hierauf eine beträchtliche Steigerung und schliesslich wieder ein Rückgang auf den Empfindlichkeitsgrad der gesunden Seite erfolgte.

Von den beiden Fällen (VII, VIII) mit gleicher Empfindlichkeit ergab der eine ein rasches Abnehmen der Sensibilität, die erst einige Wochen nach Ablauf der heftigen eiterigen Entzündung der Paukenhöhle ihre frühere Intensität wieder erreichte, im anderen Falle von mässiger exsudativer Entzündung der Trommelhöhle war keine Veränderung der taktilen Empfindung nachzuweisen.

An der Wange fand sich in 4 Fällen (I, III, VI, IX) eine herabgesetzte, in 3 Fällen (II, IV, VII) eine vermehrte Sensibilität vor, in 3 Fällen (V, VIII, X) war dieselbe gleich der anderen Seite.

Die Verminderung hob sich in allen 4 Fällen nach abgelaufener Ohrentzündung auf die Sensibilitätsstufe der anderen Seite; im Falle I trat vorher eine Steigerung der Empfindung über die an der anderen Wange ein.

In den 3 Fällen (II, IV, VII) von gesteigerter Empfindung trat später ein Stadium der Sensibilitätsherabsetzung in 2 Fällen (IV, VII) ein, worauf schliesslich bilateral die gleiche Empfindungsstufe erfolgte, in welche die Sensibilität des Falles II direkt überging.

Von den 3 Fällen mit ursprünglich bilateral gleicher taktiler Empfindung blieb in 2 Fällen (VIII, X) die Sensibilitätsgleichheit unverändert, indess im 3. Falle (V) eine Herabsetzung der Empfindlichkeit eintrat, die sich schliesslich wieder auf die Sensibilitätsstufe der anderen Seite hob.

Die Wiederkehr der normalen Sensibilität begann in den meisten Fällen von der Mittellinie des Gesichtes an und rückte allmählich gegen das Ohr zu, sowie auch bei ursprünglich geringer Herabsetzung der Hautsensibilität die schwächere Empfindlichkeit gegen Pinselstriche gewöhnlich nur ca. 4 cm vom Ohr gegen die Mittellinie des Gesichtes reichte und an den übrigen weiter median-

wärts gelegenen Stellen eine der anderen Gesichtsseite vollständig gleiche Hautempfindlichkeit bestand[1]).

Die Stirne ergab eine Verminderung der Sensibilität in 3 Fällen (I, VI, IX), eine Vermehrung in 2 Fällen (IV, VII), eine gleiche Empfindlichkeit mit der anderen Seite in 5 Fällen (II, III, V, VIII, X).

Die Verminderung der Empfindlichkeit hob sich in 2 Fällen (I, VI) bis zur Sensibilitätsstufe der anderen Stirnhälfte, wobei in einem Falle (VI) vorher eine Steigerung der taktilen Empfindlichkeit über die der gesunden Seite stattfand. Im 3. Falle (IX) folgte der Verminderung eine Vermehrung der Hautsensibilität, die wieder einer Verminderung Platz machte.

In den beiden Fällen von vermehrter Empfindlichkeit (IV, VII) sank diese nach Ablauf der Ohrentzündung auf die Sensibilitätsstufe der gesunden Seite herab.

Von den 5 Fällen mit bilateral gleicher taktiler Empfindlichkeit blieb diese nur in 2 Fällen (II, VIII) erhalten, in einem Falle (X) ging die Hautsensibilität am 11. und 12. Tage der Ohrentzündung unter die Empfindlichkeitsstufe der anderen Seite herunter und stieg hierauf wieder auf das frühere Niveau. In einem Falle (III) fand vorübergehend eine Erhöhung über den Sensibilitätsgrad der gesunden Seite Statt, hierauf ein Rückgang unter denselben, worauf schliesslich beiderseits die gleiche Sensibilitätsstufe eintrat. In einem Falle (V) sank die taktile Empfindlichkeit unter die der gesunden Seite und liess an den späteren Prüfungstagen keine weitere Steigerung erkennen.

Entlang des unteren Randes des Unterkiefers zeigte die Hautsensibilität eine Verminderung in 5 Fällen (I, III, VI, IX, X), eine Vermehrung in 2 Fällen (IV, VII), bilateral gleiche Empfindlichkeit in 3 Fällen (II, V, VIII).

Die verminderte Empfindlichkeit hob sich in 4 Fällen (I, VI, IX, X) nach Ablauf der Ohrenentzündung auf die Sensibilitätsstufe der anderen Seite. In einem Falle (III) war nach bereits anhaltend bestandener Empfindungsgleichheit der Haut an beiden Unterkieferhälften, schliesslich wieder seitens des erkrankten Ohres

1) Es muss diesbezüglich jedoch hervorgehoben werden, dass die Sensibilität der Gesichtshaut gegen die Medianlinie hin abnimmt (Weber), wie dies betreffs des Drucksinnes Nothnagel (Deutsch. Arch. f. klin. Medic. 1866, Bd. 2, S. 290) nachgewiesen hat.

ein Sinken der Sensibilität nachzuweisen. In diesem und in einem anderen Falle (I) war auf die Sensibilitätsverminderung eine Steigerung und später wieder die gleiche Sensibilität mit der anderen Seite erfolgt.

Von den beiden Fällen (IV, VII) mit vermehrter Empfindlichkeit zeigte sich in dem einen Falle (IV) nach kurz vorübergehendem Sinken derselben auf die Sensibilitätsstufe der gesunden Seite die Empfindlichkeit an der erkrankten Seite wieder gesteigert, worauf schliesslich bilateral derselbe Sensibilitätsgrad eintrat, während in dem anderen Falle (VII) auf die vermehrte eine verminderte Empfindlichkeit folgte, welche später in eine bilateral gleich intensive Sensibilität überging.

Die in 3 Fällen beobachtete bilateral gleich starke taktile Empfindlichkeit erhielt sich als solche in 2 Fällen (II, VIII) auch im weiteren Verlaufe der Ohrenentzündung; in dem 3. Falle (V) sank anfänglich die Sensibilität und stieg hierauf wieder auf die ursprüngliche Stufe.

Gleich wie an der Wange und Stirne erfolgte auch an der Haut des Unterkiefers eine Abnahme der Sensibilität von den lateralen Partien gegen die Medianlinie hin, sowie umgekehrt bei eintretender Sensibilitätssteigerung eine Besserung zuerst medianwärts stattfand und allmählich gegen das Ohr hin fortschritt. In Fällen von geringer Herabsetzung der Hautempfindlichkeit kam dieselbe, gleichwie an der Wange, Stirne und Schläfengegend nur in einem Umkreis von einigen Centimetern vom Ohre zur Beobachtung, während an den median gelegenen Stellen noch Empfindungsgleichheit mit den betreffenden Stellen der anderen Seite bestand.

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich nur auf die während des Verlaufes der Ohrentzündung nachweisbaren Veränderungen der Sensibilität einer bestimmten Gesichtsstelle; im Nachfolgenden soll nunmehr das gleichzeitige Verhalten der Sensibilität an den geprüften Gesichtsstellen im Vergleiche zur taktilen Empfindung an den identischen Stellen der anderen Gesichtshälfte, seitens des gesunden Ohres, in Betracht kommen.

Die einzelnen geprüften Gesichtsstellen zeigten an demselben Prüfungstage ein sehr verschiedenes Verhalten der Hautsensibilität; so bestand in den angeführten 10 Fällen am 1. Prüfungstage an der erkrankten Seite:

	Ohrmuschel und Ohreingang	Tragusgegend	Wange	Stirne	Unterkiefer
Eine Verminderung der taktilen Empfindung in den Fällen:	III, V, VI, IX, X	I, II, III V, VI, IX, X	I, II, III, VI, IX	I, VI, IX	I, III, VI, IX, X
Eine Vermehrung in den Fällen:	IV	IV	IV, VII	IV, VII	IV, VII
Gleich starke Empfindlichkeit mit der anderen Gesichtsseite, in den Fällen:	I, II, VII, VIII	VII, VIII	V, VIII, X	II, III, V, VIII, X	II, V, VIII, X

Die Hautempfindlichkeit ergab demnach am ersten Prüfungstage an der erkrankten Seite an allen Prüfungsstellen eine Herabsetzung in 2 Fällen (VI, IX), eine Steigerung in einem Falle (IV), Empfindungsgleichheit mit der anderen Gesichtshälfte in einem Falle (VIII). Eine Verminderung der Sensibilität an Ohrmuschel, Tragusgegend, Wange und Unterkiefer, bei gleicher Empfindlichkeit der Stirnhaut beider Seiten, zeigte der Fall III; der Fall I ergab eine Sensibilitätsverminderung an der Tragusgegend, Wange, Stirn und am Unterkiefer bei bilateral gleicher taktilen Empfindung der Ohrmuscheln. Im Falle VII findet sich eine vermehrte Empfindlichkeit der Haut an Wange, Stirn und Unterkiefer vor, bei beiderseits gleicher Empfindlichkeit der Ohrmuscheln und der vor dem Tragus gelegenen Hautstellen, im Falle V wieder Empfindungsidentität an Wange, Stirn und Unterkiefer, bei verminderter Sensibilität an der Ohrmuschel und Tragusgegend. Die taktile Empfindung erwies sich im Falle X an Ohrmuschel, Tragusgegend und Unterkiefer vermindert, bei bitateral gleicher Sensibilität an Wange und Stirne. Im Falle II war die Hautempfindung an der Tragusgegend und Wange vermindert, an Stirn und Unterkiefer vermehrt, an beiden Ohrmuscheln gleich stark.

Auch während des weiteren Verlaufes der Mittelohrentzündung gaben sich an derselben Gesichtshälfte sowohl eine Steigerung als auch Verminderung der Tastempfindung zu erkennen, sowie auch häufig die Sensibilitätsschwankung einer bestimmten Hautstelle im vollen Gegensatze zu der Veränderung in der taktilen Empfindung der benachbarten Stelle derselben Gesichtshälfte stehen konnte.

Im Falle I z. B. ging vom 1. auf den 2. Prüfungstag die Sensibilität an der Ohrmuschel herab, während gleichzeitig an der Stirn eine Steigerung der taktilen Empfindung bis auf die Sensibilitätsstufe der anderen Seite erfolgte, an Tragusgegend, Wange und Unterkiefer sogar über diese hinaus, demnach an diesen letzteren Stellen die ursprünglich verminderte Sensibilität in eine vermehrte übergegangen erschien. Eine bestimmte Stelle, wie beispielsweise die Tragusgegend, wies in einer Reihe verschiedener Prüfungstagen eine unveränderte taktile Empfindung auf, indess gleichzeitig in der Umgebung dieser Hautstelle bald eine Steigerung, bald wieder eine Herabsetzung der Hautsensibilität erfolgte. In den von mir beobachteten Fällen kehrte die normale Empfindung häufig an Unterkiefer, Stirn und Wange eher zurück als an der Ohrmuschel und besonders an der Tragusgegend, sowie überhaupt die um den Tragus vorhandenen Sensibilitätsstörungen am spätesten wichen.

Lokalgefühl. Die mit zwei Zirkelspitzen gewöhnlich vor dem Tragus vorgenommenen Lokalisationsprüfungen ergaben mir so unsichere Resultate, dass ich diese Methode bald aufgab. Genauere Ergebnisse bot die andere Art der Lokalisationsprüfung dar, bei der die Versuchsperson mit einer Sonde die Stelle bezeichnen musste, woselbst eine Druckeinwirkung stattgefunden hatte. In einzelnen Fällen konnte ich damit bedeutende Unterschiede im Lokalisationsvermögen der Haut an der gesunden und kranken Seite nachweisen u. z. fand ich mehrere Versuchspersonen, welche an der Tragusgegend seitens des gesunden Ohres genau zu lokalisiren vermochten, indess an Seite des kranken Mittelohres, ein vor dem Tragus stattfindender Stich an einer bei 4 Centimeter davon entfernten Stelle angegeben wurde, welche Lokalisations-Täuschung mit der Heilung des Ohres wieder schwand. In einem anderen Falle bestand vor dem Tragus des gesunden Ohres eine genaue Lokalisations-Empfindung, indess an derselben Stelle der anderen Seite, mit vorhandener Entzündung des Mittelohres, bei einem Abstande der Zirkelspitzen von 13 mm noch immer der Eindruck einer einzigen Stichstelle vorhanden war, wobei als Stichstelle regelmässig ein in der Mitte zwischen beiden Zirkelspitzen gelegener Punkt bezeichnet wurde. In der Mehrzahl der Fälle habe ich dagegen bei den Lokalisations-Prüfungen keine verlässlichen Angaben erhalten und daher diese Prüfungsmethode bald wieder verlassen.

Druckempfindichkeit. Zur Bestimmung der Druckem-

pfindlichkeit bediente ich mich der Eingangs erwähnten Instrumente mit federnder Spitze. Bei diesen Prüfungsversuchen sah ich jedoch im Allgemeinen ganz von den so unsicheren Angaben über die Druckstärke ab, sondern verwerthete hierbei das Vorkommen von taktilen Nachempfindungen, die zur Beurtheilung der taktilen Erregbarkeit einen sehr verlässlichen Maassstab abgeben können, wie ingleicher Weise auch die acustischen und optischen Nachempfindungen bei den Prüfungen der entsprechenden Sinneserregungen sehr verwerthbar erscheinen.

Taktile Nachempfindungen geben sich in der Regel sehr leicht zu erkennen, wenn man an einer Stelle der Haut, z. B. unmittelbar vor dem Tragus, eine abgestumpfte Spitze, den Fingernagel etc. durch einige Sekunden unter mässigem Drucke einwirken lässt und hierauf entfernt; auch flüchtige Striche der Haut bringen zuweilen taktile Nachempfindungen deutlich hervor. Die Nachbilder des Tastsinnes erscheinen gleich den Nachbildern der anderen Sinnesempfindungen als primäre und als secundäre[1]), d. h. das Nachbild schliesst sich einerseits unmittelbar dem vorausgegangenen Sinneseindrucke an und bildet mit diesem eine gemeinsame ununterbrochene Sinnesempfindung oder das Nachbild taucht andererseits nach einer vorausgegangenen Empfindungspause wieder auf und verschwindet nach einer individuell verschieden langen Zeit, um vielleicht noch ein 2. und 3. mal wiederzukehren. Häufig finden sich beide Arten von Nachempfindungen vor, zuweilen die primäre oder die secundäre Nachempfindung allein. Als Beispiele von taktiler Nachempfindung mögen folgende dienen:

Eine auf die Tragusgegend aufgesetzte Spitze verweilt daselbst unter mässigem Drucke durch 5 Sekunden und wird hierauf abgehoben:

Fall A. Die Empfindung des Stiches hält durch weitere 7 Sekunden an, verschwindet hierauf, tritt nach 30 Sekunden (37 Sekunden vom Beginn des Versuches an gerechnet) wieder hervor und hält durch 20 (57) Sekunden an, erscheint abermals nach 63 (120) Sekunden durch 35 (155) Sekunden.

Fall B. Die Prüfungen erfolgen unmittelbar vor dem Tragus gleichzeitig auf beiden Seiten.

Rechte Gesichtsseite. Die Empfindung des Stiches ver-

1) Pflüger's Arch., 1881, Bd. 24, Zur Lehre von der Schallempfindung.

schwindet im Moment der Abhebung der Spitze, taucht nach 12 Sekunden durch 2 (14) Sekunden wieder auf, erscheint hierauf ein 2. mal nach 16 (30) Sekunden durch 28 (58) Sekunden, ein 3. mal nach 22 (80) Sekunden durch 15 (95) Sekunden ein 4. mal nach 35 (130) Sekunden durch 8 (138) Sekunden, und endlich ein 5. mal nach 23 (161) Sekunden durch 1 (162) Sekunde.

Linke Gesichtsseite. Eine primäre Nachempfindung fehlt. Die secundären Nachempfindungen treten in folgenden Zeiträumen auf: 1) Nach 12 Sekunden durch 2 (14) Sekunden, 2) nach 16 (30) durch 10 (40) Sekunden, 3) nach 72 (112) durch 16 (128) Sekunden, 4) nach 15 (143) durch 37 (180) Sekunden), 5) nach 10 (190) durch 30 (220) Sekunden, 6) nach 15 (235) durch 13 (248) Sekunden, 7) nach 17 (265) durch 65 (330) Sekunden.

Die secundären Nachempfindungen ergaben an der rechten und linken Gesichtsseite einen bedeutenden Unterschied im Auftreten und in der Dauer der Nachbilder (rechts 162, links 330 Sekunden), trotzdem beiderseits anscheinend die gleichen Verhältnisse vorlagen und bilateral normale Gehörorgane vorhanden waren. Auch in anderen Fällen traf ich ohne nachweisbare Ursache erhebliche Verschiedenheiten zwischen den taktilen Nachbildern der rechten und linken Körperseite, so dass ich die secundären Nachempfindungen für meine Versuche nicht als Maassstab zur Bestimmung von Veränderungen der taktilen Sensibilität verwerthen konnte. Dagegen fand ich die primären Nachbilder, im Falle ihres Auftretens, zur Prüfung der Veränderungen der Stärke des Tastsinnes sehr verlässlich und theile im Nachfolgenden die diesbezüglichen Beobachtungen mit.

Unter den erwähnten 10 Fällen bestanden in 3 Fällen keine primären taktilen Nachempfindungen; unter den übrigen 7 Fällen erwiesen sich dieselben in 4 Fällen (III, VII, VIII, IX) herabgesetzt, in 1 Falle (IV) erhöht, gleich der anderen Seite in 2 Fällen (V, X).

In den beiden Fällen mit bilateral gleich lang andauernder Nachempfindung fand später an der erkrankten Seite ein Sinken unter die Nachempfindungsdauer der gesunden Seite statt, so dass sich demnach die Fälle von Herabsetzung der Dauer der taktilen Nachempfindung von 4 auf 6 erhöhen. Im 7. Falle (IV) trat während der Besserung der Ohrentzündung am linken Ohre eine Abnahme in der Dauer der Nachempfindung an Seite des gesunden Ohres ein, so zwar dass daselbst die ursprünglich nur eine Se-

kunde dauernde Nachempfindung an einem der Versuchstage auf 0 heruntersank und sich schliesslich auf die Dauer der Nachempfindung der anderen Seite hob. Ein auffälliges Sinken an der gesunden Seite gab sich auch in den Fällen VII und IX zu erkennen, da im Falle VII die Nachempfindungsdauer an der gesunden Seite von 4 Sekunden auf 1 und 2 Sekunden, im Falle IX von 9 Sekunden auf 4 und 3 Sekunden gesunken erschien. Im Falle VIII ging die Nachempfindungsdauer an der gesunden Seite um 3 Sekunden herab, wobei gleichzeitig an der kranken Seite eine Steigerung um 3 Sekunden nachweisbar war.

Ob es sich in solchen Fällen um vicariirende Erscheinungen in der Empfindungsintensität handelt, oder ob individuelle Schwankungen denselben zu Grunde liegen, kann aus diesen wenigen Fällen nicht erschlossen werden; immerhin dürfte diese Eigenthümlichkeit besonders erwähnenswerth erscheinen, zumal auch betreffs des Lichtsinnes der Nachweis erbracht wurde, dass ein einseitiges Ohrleiden nicht nur das gleichseitige Auge, sondern auch das Auge der anderen Seite zu beeinflussen vermag[1]).

Die an Seite des erkrankten Ohres verminderte Intensität der taktilen Nachempfindung hob sich allmählich mit der Besserung des Ohres auf die Höhe der Nachempfindungsdauer der anderen Seite in 3 Fällen (V, IX, X), sogar über letztere in einem Falle (III) und blieb in einem Falle (VIII) unter dieser. Im Falle VII erwies sich die schliesslich verlängerte Nachempfindungsdauer am erkrankten Ohre im Vergleiche zu der an der gesunden Seite nur als eine relative, da an der ursprünglich kranken Seite nach Heilung der Ohrentzündung dieselbe Dauer der Nachempfindung bestand wie während der Entzündung, wogegen an der gesunden Seite ein Abfall unter die Empfindungsdauer an der erkrankten Seite erfolgt.

Temperatursinn. Von den oben angeführten 10 Fällen mussten 3 Fälle wegen unsicherer Angaben von den Prüfungen des Temperatursinnes ausgeschlossen werden, indess sich in den übrigen 7 Fällen die Angaben über die ausgelösten Temperaturempfindungen bei häufig vorgenommenen Controllversuchen als ganz verlässlich erwiesen. Die Temperaturempfindungen an der vor dem Tragus gelegenen Hautpartie erschien an der dem er-

1) S. Pflüger's Arch., 1883, Bd. 30, S. 144.

krankten Ohre entsprechenden Seite in 3 Fällen (IV, VI, VII) erhöht[1]), in 3 Fällen (III, VIII, X) vermindert, in einem Falle (IX) gleich der anderen Seite. Die Differenz betrug im Falle VII $^3/_4{}^0$ R., sonst $^1/_2{}^0$ R.

Unter den 6 Fällen mit ungleicher Temperaturempfindlichkeit an beiden Gesichtshälften traten im Verlaufe der Ohrentzündung in 4 Fällen (III, IV, VIII, X) bilateral gleiche Temperaturempfindung ein, in 2 Fällen (VI, VII) bestand noch nach Ablauf der Ohrerkrankung ein Unterschied im Temperatursinne beider Seiten.

In den hier angeführten Fällen wurde der Unterschied in der Temperaturempfindlichkeit an der rechten und linken Tragusgegend am neutralen Temperaturpunkte bestimmt, d. h. die betreffende Versuchsperson hatte anzugeben, wann das der Haut in rascher Aufeinanderfolge aufgesetzte Instrument nicht mehr die Empfindung des Lauen und noch nicht die des Kühlen hervorrief. Diese Art der Prüfung ergab viel verlässlichere Resultate als die Temperaturprüfung mit höheren Temperaturen; nur in einzelnen Fällen erzielte ich mit Prüfungen bei höheren Temperaturen verlässliche Angaben und fand dabei, dass der Unterschied in der Temperaturempfindung an Seite des gesunden und des kranken Ohres, je nach den zur Prüfung verwendeten Wärmegraden, ein sehr verschiedener sein kann. So habe ich eine Versuchsperson mit heftiger acuter Entzündung der linken Paukenhöhle beobachtet, die 8 Tage nach Beginn der Ohrerkrankung gleiche Temperatursempfindlichkeit an der rechten und linken Tragusgegend ergab, bei folgendem Thermometerstand:

Rechts	33^0	R.	$= 37^0$	R.	links
„	28^0	„	$= 32^0$	„	„
„	26^0	„	$= 27^1/_2{}^0$	„	„
„	24^0	„	$= 24^1/_2{}^0$	„	„
„	$23^1/_2{}^0$	„	$= 23^1/_2{}^0$	„	„
„	22^0	„	$= 22^0$	„	„

Der Unterschied in der Temperaturempfindung sank also von 4^0 R. bei 37^0 und 32^0 R. auf $1^1/_2{}^0$ bei 27^0 bis auf $^1/_2{}^0$ bei

1) Nach Nothnagel (D. Arch. f. kl. Med., Bd. 2, S. 294), tritt bei vielen Entzündungen tiefer gelegener Organe eine scheinbare Hyperaesthesie gegen Temperatureinwirkungen auf, indess eine wirkliche Verfeinerung des Temperatursinnes ziemlich selten ist.

24° R. und erwies sich unter 24° bilateral gleich. Drei Tage später entsprach die Temperaturempfindung von 28° an der gesunden Seite der durch 30° ausgelösten Temperaturempfindung an der kranken Seite, was also einem Sinken der Differenz in den Temperaturempfindungen von 4° auf 2° zukommt. Leider entzog sich dieser Fall meiner weiteren Beobachtung. Bei einer anderen Versuchsperson mit chronischer eiteriger Entzündung der linken Paukenhöhle ergab die Prüfung gleiche Temperaturempfindungen an beiden Gesichtshälften bei 22½° R., von 23° an begann eine Differenz des Temperatursinnes beider Seiten hervorzutreten u. z. erschien der Temperaturssinn an der erkrankten Seite empfindlicher im Verhältniss zu der gesunden Seite, bei 23° nur unbedeutend, mit Zunahme der Temperatur aber immer erheblicher, so dass bei 27½° bereits eine Temperaturdifferenz von 1° R. ersichtlich war, 27½° erregte nämlich an der rechten Tragusgegend dieselbe Temperaturempfindung wie 26½° an der linken Seite. In einem 3. Falle endlich mit chronischer eiteriger Entzündung der linken Paukenhöhle wurden bei gleichzeitiger Applikation beider Thermometer an die rechte und linke Tragusgegend die Temperaturen von 32°—30° R. rechts wärmer empfunden als links, von 30°—23° beiderseits gleich von 22°—19° R. rechts wieder entschieden wärmer. Ich muss es bezüglich dieser letzt erwähnten Fälle übrigens dahingestellt sein lassen, ob dabei Veränderungen des Temperatursinnes allein vorlagen oder ob nicht an der anscheinend allerdings normalen Cutis, vielleicht auch durch die Mittelohrentzündung bedingte Verschiedenheiten der Hauttemperatur an der erkrankten gegenüber der gesunden Gesichtsseite zugegen waren.

Im Anschlusse an die hier mitgetheilten Temperaturbeobachtungen möchte ich über Versuche berichten, die ich betreffs der subjectiven Nachempfindungen von Temperatureindrücken angestellt habe. Nach Anlegen kalter Flächen an die Stirne fiel mir eine regelmässige Wiederkehr der Kälteempfindung auf; nähere Versuche ergaben an mir folgendes:

A) Eine kleine Metallscheibe wird mit der Stirnhaut durch 5 Sekunden in Berührung gebracht und dann abgehoben. Die Empfindung des Kühlen verschwindet unmittelbar danach, tritt wieder nach 17 Sekunden anfangs schwach, nach einigen Sekunden äusserst lebhaft hervor und hält so durch 33 Sekunden an.

Bei einem 2. gleichen Versuche tritt die Nachempfindung nach

17 Sekunden auf und dauert 18 Sekunden lange; bei einem 3. Versuche nach 18 Sekunden und erhält sich durch 60 Sekunden unter bedeutenden Intensitätsschwankungen; bei einem 4. Versuche erscheint die Nachempfindung nach 25 Sekunden durch 20 Sekunden.

B) Die Metallscheibe bleibt der Stirnhaut durch 8 Sekunden angelegt. Die Nachempfindung erfolgt nach 15 Sekunden und geht nach weiteren 50 Sekunden zurück.

C) Die Metallscheibe wirkt durch 15 Sekunden ein. Die Nachempfindung tritt nach 22 Sekunden auf, nimmt nach 18 Sekunden an Intensität zu und schwindet allmählich nach weiteren 20 Sekunden.

In einem anderen Versuchsfalle wurden die Prüfungen mit kalten und warmen Metallscheiben vorgenommen, wobei die einzelne Scheibe mit der Stirnhaut durch 5 Sekunden in Berührung blieb. Die hier mitgetheilten Versuche fanden an verschiedenen Tagen statt.

A) 40° R. Die Wärmeempfindung hält nach Abheben der Scheibe noch 50 Sekunden lange an, kehrt nach 23 Sekunden wieder schwach zurück, nimmt während der nächstfolgenden Sekunden rasch an Intensität zu, geht durch 4 Sekunden in die Empfindung von heftigem Brennen über und klingt nach einigen Sekunden rasch ab.

B) 41° R. Nach Abheben der Scheibe besteht die Wärmeempfindung sehr intensiv durch 35 Sekunden und verliert sich allmählich binnen weiteren 25 Sekunden; nach 12 Sekunden erfolgt abermals eine Nachempfindung von 30 Sekunden Dauer und so ein 2. Mal nach 25 Sekunden durch 25 Sekunden.

C) Eine Metallscheibe von 40° R. und eine gleich grosse von 10° R. werden zu je 3 Sekunden derselben Stirnstelle unmittelbar nach einander angelegt. Die Nachempfindung der zuletzt applicirten Scheibe hält durch 20 Sekunden an, 17 Sekunden danach tritt eine Wärmeempfindung auf, die nach 20 Sekunden verschwindet.

D) Es werden derselben Stirnstelle zuerst eine Metallscheibe von 34° R., hierauf eine andere von 10° durch 5 Sekunden angelegt. Die Nachempfindung des Kühlen bleibt durch 17 Sekunden bestehen, 15 Sekunden später zeigt sich an derselben Stelle eine lebhafte Wärmeempfindung durch 25 Sekunden, nach weiteren

20 Sekunden tritt wieder die Empfindung von kühl hervor, die 15 Sekunden lange anhält.

Die oben angeführten Beobachtungen, dass bei einseitiger Mittelohrentzündung ein ungleiches Verhalten der Tast- und Temperaturempfindungen an den einander correspondirenden Stellen der rechten und linken Gesichtshälfte sehr häufig nachzuweisen ist und dass sich diese Verschiedenheiten in den genannten Sinnesempfindungen nach Ablauf der Ohrentzündung in der Regel allmächlich wieder ausgleichen, spricht wohl für die Annahme, dass die entzündlichen Vorgänge im Mittelohre auf den Tast- und Temperatursinn der Gesichtshaut einen zuweilen sehr bedeutenden Einfluss zu nehmen vermögen [1]). Nach den von mir an den anderen Sinnesempfindungen schon früher angestellten Untersuchungen hielt ich es gleich in Vorhinein für wahrscheinlich, dass der genannte Einfluss ebenfalls auf dem Wege des Reflexes erfolge, den die erregten sensitiven Nerven, vor Allem die des Trigeminus auf das Tast- und Temperaturcentrum auszuüben vermögen. Ich suchte daher zu erfahren, ob vorübergehende Reizeinwirkungen auf das Mittelohr in den vorher ermittelten Tast- und Temperaturempfindungen einer bestimmten Stelle der Gesichtshaut nachweisbare Veränderungen hervorzubringen im Stande seien. Betreffs des Tastsinnes ergaben die Versuche von Reizungen der sensitiven Mittelohrnerven durch Einblasung von kühler Luft in das Mittelohr, ferner durch Einführung von Bougies durch den Tubenkanal, in der That eine Steigerung der Tastempfindlichkeit an der entsprechenden Gesichtshälfte. Weitere Versuche lehrten ferner, dass auch ein auf die Trigeminus-Aeste des Gesichtes, des äusseren Ohres und der Nasenhöhle einwirkender flüchtiger Reiz, durch Reiben, Anblasen etc. ebenfalls deutlich erkennbare Schwankungen der Intensität der Tastempfindungen an der betreffenden Kopfhälfte bewirkt. Ich theile einige diesbezügliche Beispiele mit:

1) Wie mich Herr Docent Dr. Sigm. Freud aufmerksam machte, erscheint bei hysterischer Anaesthesie eines Sinnesorganes jedesmal die dazu gehörige Hautparthie anaesthetisch; so besteht bei hysterischer Taubheit Anaesthesie des äusseren Ohres, bei Amaurose Anaesthesie der Bindehaut und der äusseren Haut der Lider, bei Geschmacksverlust, Anaesthesie der Zunge (s. Charcot, Vorträge über die Hysterie, Féré, Arch. d. Neurologie, 1882, Walton, Brain XX, 1883).

1) Ein Fall von Mittelohrentzündung rechts. An der rechten Gesichtshälfte wird der Strich von 5 Haaren vom Ohreingang aus nach oben gegen die Stirne erst in der Gegend des rechten Stirnbeinhöckers, gegen die Wange erst in einer Entfernung von 6 cm vom Ohr empfunden.

Innerhalb dieser Grenze verspürte die betreffende Versuchsperson bei wiederholt vorgenommenen Versuchen niemals den Strich der 5 Pinselhaare, indess an den entsprechenden Stellen der anderen Seite bereits der Strich von einem Haare deutlich empfunden wurde. Nach Einführung einer Bougie in den rechten Tubenkanal fand an den früher für den Strich von 5 Pinselhaaren anästhetischen Stellen nicht nur eine deutliche Empfindung des Striches statt, sondern selbst 1 Haar konnte noch eine merkliche Empfindung erregen; nach einigen Sekunden trat wieder die frühere Unterempfindlichkeit ein.

2) Eiterige Entzündung der Paukenhöhle rechts. Pinselstriche werden an der rechten Gesichtshälfte undeutlicher empfunden als links. Nach Anblasen der rechten Nasenhöhle steigert sich die Empfindlichkeit gegen Pinselstriche an der rechten Gesichtsseite, so dass diese nunmehr empfindlicher erscheint als die linke Seite; nach 3 Sekunden zeigt sich beiderseits die gleiche Tastempfindlichkeit, nach 45 Sekunden erscheint wieder die rechte Seite weniger empfindlich als die linke Seite. Versuche mit Anblasen der rechten Wange ergeben ganz ähnliche Erscheinungen.

In ganz gleicher Weise vermochte ich auch betreffs der Temperaturempfindungen den Nachweis zu erbringen, dass verschiedene das Mittelohr, die Nasenschleimhaut oder das Gesicht flüchtig treffende Reize auffällige Veränderungen veranlassen können. Ich führe diesbezüglich folgende Beispiele an:

1) Eiterige Entzündung der Paukenhöhle links. $27\frac{1}{2}^0$ R. erregt an der Tragusgegend rechts die Empfindung von warm, links bereits von kühl; unmittelbar nach Katheterisation des linken Tubenkanales wird die Temperatur von $27\frac{1}{2}^0$ links als wärmer empfunden, nach 5 Minuten bilateral gleich, nach weiteren 5 Minuten wieder wie anfänglich rechts lau, links kühl. Wiederholte Versuche ergaben annähernd ganz gleiche Resultate.

2) Eiterige Entzündung der Paukenhöhle links. An der Tragusgegend befindet sich der neutrale Temperaturpunkt rechts bei $27\frac{1}{2}^0$, links bei $28\frac{1}{2}^0$ R. Nach Anblasen der linken Nasenhöhle

wird die links bereits als kühl empfundene Temperatur von 28° plötzlich wieder als lau angegeben u. z. sogar wärmer als an der rechten Gesichtsseite; einige Sekunden später zeigt sich 28° bilateral gleich lau, nach 7—10 Sekunden wieder wie Eingangs, links kühl, rechts lau. Ein Anblasen der rechten Seite ruft keine Veränderung der Temperaturempfindung hervor. Um die Grösse der durch Anblasen der Nasenschleimhaut herbeigeführten Steigerung der Temperaturempfindungen in diesen Falle kennen zu lernen, trachtete ich die Temperaturgrenze zu bestimmen, bis zu welcher durch den Reiz der Nasenschleimhaut eine Steigerung der Empfindung von kühl in warm möglich war. Eine grössere Reihe von Versuchen ergab übereinstimmend, dass eine Steigerung der Temperaturempfindung hierbei um $1^1/_2{}^0$ R. erfolgte; während nämlich unter gewöhnlichen Verhältnissen $28^3/_4{}^0$ R. links schwach lau und $28^1/_2{}^0$ bereits als neutral empfunden wurde, vermochte eine Lufteinblasung in die linke Nasenhöhle noch bei einem Abfall der Temperatur bis auf $27^1/_4{}^0$ R. momentan die Empfindung von lau hervorzurufen; erst bei einer Thermometer-Temperatur von unter $27^1/_4{}^0$ R. war die Empfindung von lau nicht mehr zu erzeugen.

Damit glaube ich aber mit hoher Wahrscheinlichkeit annehmen zu können, dass die bei Mittelohrerkrankungen auftretenden Störungen des Tast- und Temperatursinnes reflektorischer Natur sind, nämlich auf einer Beeinflussung der betreffenden sensorischen Centren beruhen, seitens der durch die Ohrentzündnng in einem veränderten Erregungszustand befindlichen sensitiven Trigeminus-Aeste.

Ein Beitrag zur Muskelchemie.

Von

cand. med. **W. Gleiss**
aus Hamburg.

Bekanntlich ist durch ältere Untersuchungen von Du-Bois-Reymond und Heidenhain festgestellt worden, dass der Muskel während seiner Thätigkeit eine Säure entwickelt, die sich als Milchsäure erwies, und zwar um so mehr Säure, je stärker unter sonst gleichen Bedingungen seine Spannung ist. Nach neueren

Untersuchungen von Marcuse und Röhmann[1]) ist die Milchsäure wiederum unzweifelhaft aus tetanisirten Froschmuskeln dargestellt worden.

Auf Anregung von Herrn Professor Grützner benutzte ich die mir leider nur knapp zugemessene Zeit in den Monaten März und April 1887 um die Frage zu entscheiden, wie sich betreffs der Milchsäurebildung die rothen und weissen Muskeln verhalten, sowohl während der Todtenstarre wie namentlich bei der Thätigkeit und stellte unter seiner Anleitung eine Reihe dahingehender Versuche im Tübinger physiologischen Institut an, deren durchsichtige Ergebnisse ich hier in Kürze mittheile.

Um zunächst handliches Material zu haben, verwendete ich die Wadenmuskeln von Fröschen und Kröten. Die Nerven der beiden Muskeln waren auf eine reizzuführende Vorrichtung neben einander gelegt und wurden durch einen mit physiologischer Kochsalzlösung getränkten Wattebausch vor Vertrocknung geschützt. Die Muskeln, in Klemmen befestigt, trugen Gewichte, die mit einem Häkchen an der Archillessehne eingehakt waren. Durch ein Metronom wurde den Nerv-Muskelpräparaten in entsprechenden Pausen eine Reihe tetanisirender Inductionsschläge zugesendet, welche die Muskeln zu kurzen tetanischen Zusammenziehungen anregten. Hierauf wurden sie in Lakmuslösung, welche mit Kochsalz gesättigt war, wie es Heidenhain[2]) angegeben, zerquetscht, und ihr Säuregehalt aus der Färbung der Lakmuslösung beurtheilt.

Als gemeinschaftliches Ergebniss von zahlreichen Versuchen stellte sich heraus, dass unter sonst völlig gleichen Bedingungen (gleich lange und gleich grosse Arbeit), der sich langsamer zusammenziehende Krötenmuskel regelmässig weniger Säure entwickelte als der schneller arbeitende Froschmuskel. Um gleich den am nächsten liegenden Einwand zu entkräften, dass etwa der Krötenmuskel von vornherein mehr Alkali besässe als der Froschmuskel und demzufolge gleiche Säuremengen nicht die Lakmuslösungen gleich stark färbten, wurden die entsprechenden ruhenden Muskeln in schwach angesäuerter Kochsalz-Lakmuslösung zerquetscht. Einen nennenswerthen Unterschied habe ich hierbei niemals feststellen können.

---

1) Dieses Archiv Bd. 39. S. 426.

2) Mechanische Leistung u. s. w. bei der Muskelthätigkeit, Leipzig 1864.

Der Froschmuskel musste also bei gleicher Thätigkeit mehr Säure entwickelt haben als der Krötenmuskel. Nicht selten konnte ich bemerken, dass der von seinem Nerven aus schwerer erregbare Krötenmuskel viel weniger schnell ermüdete und sein Gewicht noch kräftig hob, während der Froschmuskel es nur noch ein klein wenig in die Höhe brachte, dass, sage ich, in diesen Fällen trotz stärkerer Arbeit doch weniger Säure vom Krötenmuskel entwickelt wurde als vom Froschmuskel.

Zum Belege mögen folgende Versuche dienen:

Versuch 7 (meines Versuchsprotokolls) vom 15. März 1887.

Nerv-Muskelpräparat einer grossen rana temporaria: Gastrocemius wog 0,7 gr. Ebenso ein solches einer Kröte: Gastrocnemius wog 0,3 gr. Beide Muskeln belastet mit je 10 gr. Von ihren Nerven aus 5 Minuten gereizt. Dann der Froschmuskel in $3\,^1/_2$ cm, der Krötenmuskel in $1\,^1/_2$ cm Kochsalz-Lakmuslösung zerquetscht.

Die Farbe derselben wird durch den Froschmuskel violettroth gefärbt, durch den Krötenmuskel dagegen wird das Blau nur eine Spur geröthet.

Frosch- und Krötenmuskel hoben ihre Gewichte nahezu gleich hoch, leisteten also dieselbe Arbeit, die aber, weil der Krötenmuskel wohl viel weniger Fasern hatte als der Froschmuskel, für den ersteren als verhältnissmässig grössere Arbeit bezeichnet werden muss, gerade wie jeder von zehn Männern, die zusammen eine bestimmte Arbeit leisten, noch einmal so viel zu thun hat, als wenn die Arbeit von zwanzig Männern ausgeführt wird. Trotz dieser verhältnissmässig grösseren Arbeitsleistung des Krötenmuskels lieferte er viel weniger Säure.

Um auch wenigstens durch eine Reaktion die Natur der gebildeten Säure festzustellen, wandte ich zum Nachweis eine sehr schwache Lösung von neutralem Eisenchlorid an, das, wie bekannt, mit Milchsäure und milchsauren Salzen eine deutlich citrongelbe Farbe giebt. Die Muskeln wurden in kleine Mengen siedenden destillirten Wassers geworfen, aufgekocht und dann in demselben Wasser zerquetscht. Die Brühe wurde einfach mit Eisenchlorid versetzt. Die Froschmuskeln ergaben eine deutlich citrongelbe, die Krötenmuskeln dagegen eine schmutzig graugelbe Farbe, die viel weniger Gelb enthielt. Es stellte sich also heraus, dass der Froschmuskel mit grösster Wahrscheinlichkeit mehr Säure und zwar Milchsäure entwickelt hatte als der Kröten-

muskel; auch war eine etwaige stärkere Bindung der Milchsäure im Krötenmuskel durch Alkali, unter der Annahme, dass beide Muskeln verhältnissmässig gleich viel Milchsäure entwickelt hätten, ausgeschlossen, da die Milchsäure im Krötenmuskel als milchsaures Alkali durch die Reaktion angegeben worden wäre.

Versuch 39 vom 1. Mai 1887.

Nerv-Muskelpräparat von rana temporaria wog 0,55 gr, von Kröte 0,31 gr. Beide Muskeln belastet mit je 10 gr. Von ihren Nerven aus 5 Minuten gereizt. Temporaria ermüdet, Kröte nicht. In entsprechenden Mengen destillirten Wassers aufgekocht und mit 5,5 ccm und 3,1 ccm verdünnter Eisenchloridlösung versetzt. Beide zeigen die Milchsäurereaktion, doch bleibt Kröte sehr mattgelb, während Frosch hoch citrongelb erscheint.

Bei den entsprechenden ungereizten Muskeln tritt die Reaktion nicht ein, und ist kein Farbenunterschied bemerkbar.

Dass die Menge der im Krötenmuskel gebildeten Milchsäure bedeutend geringer ist als die im Froschmuskel, zeigt sich schliesslich auch noch darin, dass, wenn der kleinere Krötenmuskel absolut weit mehr gearbeitet hat als der Froschmuskel, er doch nicht verhältnissmässig mehr, sondern häufig noch weniger Säure aufweist als der Froschmuskel, was durch folgenden Versuch bewiesen wird.

Versuch 4 vom 15. März 1887.

Nerv-Muskelpräparat von rana esculenta wog 0,3 gr, von Kröte 0,35 gr. Vom Nerven aus gereizt. 40 Reizungen in der Minute. Nach 4 Minuten hört Frosch auf zu arbeiten, nach 10 Minuten Kröte noch nicht ermüdet. Beide Muskeln in Kochsalzlakmuslösung zerquetscht. Kein wesentlicher Farbenunterschied.

Da nun die von mir gebrauchten Wadenmuskeln der Kröte sich viel langsamer zusammenziehen als die der Frösche — ich habe die Untersuchungen wesentlich an Temporarien und nur ausnahmsweise an Esculenten angestellt — machte ich mich nun daran die langsam und schnell arbeitenden Muskeln von Säugethieren nach der gleichen Richtung hin zu prüfen.

Freilich ist es hier kaum möglich, die von den verschiedenen Muskeln geleisteten Arbeiten in der Weise festzustellen wie bei den isolirten Kaltblütermuskeln. Ich konnte also immer nur ganze Muskelgruppen tetanisiren und hin und wieder der Zusammenziehung der Muskeln ein Hinderniss durch Festhaltung der Glieder oder Belastung entgegenstellen. In welcher Art sich dieses Hinderniss auf die verschiedenen Muskeln vertheilte, bin ich ausser

Stande anzugeben. Verwendet wurden im übrigen solche Muskeln, bei denen die Vertheilung eine möglichst gleiche war. Ich bediente mich nämlich der weissen Antheile des Gastrocnemius (Gastrocn. medialis) und seines rothen Antheiles, des Soleus. Die Versuche stellte ich an Kaninchen, Meerschweinen, weissen Ratten und einer Katze an. Sie hatten durchweg dasselbe Resultat: Immer war in Folge der Thätigkeit der weisse Muskel saurer als der rothe.

Zum Beleg zwei Versuchsbeispiele:

Versuch 13 vom 15. März 1887.

Weisse Ratte. Strychnininjection in die Schwanzwurzel. Starke Krämpfe. Nachdem diese eine geraume Zeit heftig fortgedauert haben, Tod durch Verblutung. Gleiche Mengen rothen und weissen Muskels in siedendem Wasser aufgekocht, hierin zerquetscht und die Brühe mit gleicher Menge Lakmuslösung versetzt. Der weisse Muskel färbt stark roth, der rothe kaum [1]).

Um die Ausspülung der gebildeten Milchsäure durch den Blutstrom zu verhindern, stellte ich die Mehrzahl der Versuche an Thieren, die durch Verblutung getödtet waren und deren Nervus ischiadicus nachher durch Induktionsströme gereizt wurde, während man die Pfote in starker Beugestellung festhielt. Ausserordentlich deutlich trat die Verschiedenheit der Reaktion an einer Katze hervor, deren Muskeln nach dem Tode 10 Minuten lang vom Nerven aus mit gutem Erfolge gereizt werden konnten.

Versuch 30 vom 6. April 1887.

Kräftige Katze durch Verblutung getödtet. Reizung wie angegeben. Pfote hierbei mit der Hand kaum in Beugestellung festzuhalten. Gleiche Gewichtstheile vom weissen Gastrocnemius und rothen Soleus in siedendes Wasser geworfen und erhitzt, dann geprüft mit Lakmuslösung. Weisser Muskel röthet stark, rother viel weniger.

Entsprechende Muskelstücke des nicht gereizten Beines ebenso behandelt. Weiss röthet eine Spur, roth gar nicht. (Leicht begreiflich, weil die Verblutungskrämpfe nicht unbedeutend waren.)

---

1) Die mir kürzlich im Referat zu Gesicht gekommenen Untersuchungen von J. Moleschott und A. Battistini (siehe Centralblatt für Physiologie 1887 S. 9), welche den Säuregehalt von thätigen Muskeln verschiedener Thiere innerhalb bedeutender Grenzen schwanken sahen, dürften wohl zum grossen Theil auf obiger Thatsache beruhen. Die wesentlich weissen Kaninchenmuskeln entwickelten z. B. eben viel mehr Säure, als die mehr rothen der Hunde.

Grützner.

Aehnliche Ergebnisse erhielt ich am mit Blut durchströmten Muskel des lebenden Thieres.

Versuch 29 vom 2. April 1887.

Kaninchen mit Aether-Chloroform narkotisirt. N. ischiadicus präparirt und durchschnitten; mit mittelstarken Induktionströmen in Pausen von 10 bis 20 Sekunden tetanisirt. Starke Streckungen des Unterschenkels. Im ganzen ca. 15 Minuten gereizt. Dann gleiche Mengen vom Gastrocnemius (weiss) und Soleus (roth) mit siedendem Wasser und Lakmus behandelt. Hiernach die tetanisirte Extremität im ganzen saurer als die ruhende. Bei beiden weiss saurer als roth.

Da bei diesen Warmblüterversuchen auch der weisse ruhende Muskel häufig schwach sauer reagirte im Verhältniss zum rothen ruhenden Muskel[1]), musste auch festgestellt werden, ob wirklich in Folge der Thätigkeit der weisse Muskel einen Säureüberschuss aufwies, oder ob er nicht von Haus aus ärmer an Alkali war. Aufschluss hierüber gab wieder die Reaktion mit Eisenchlorid. Der Auszug des thätigen weissen Muskels färbte das Eisenchlorid deutlich gelb, der des rothen sehr viel weniger.

Versuch 35 vom 29. April 1887.

Kaninchen durch Verbluten getödtet. Eine Extremität vom N. ischiadicus aus gereizt. Gleiche Muskelmengen abgebrüht und zur Brühe je 5 ccm verdünnte Eisenchloridlösung zugesetzt. Bei der gereizten Extremität wird weiss stark gelb, roth sehr viel weniger. Bei der ungereizten weiss vielleicht eine Spur gelb, roth nicht.

Es scheint mir also aus allen diesen Versuchen hervorzugehen, dass der langsamer arbeitende rothe Muskel auch sparsamer arbeitet und weniger Zersetzungsprodukte liefert als der weisse. Da mit der Bildung der Zersetzungsprodukte die Wärmebildung Hand in Hand geht, dürfte dasselbe von letzterer wohl auch als wahrscheinlich angenommen werden, worauf übrigens bereits Beobachtungen von Heidenhain und namentlich von Fick hinweisen und was hoffentlich in bestimmterer Weise durch Arbeiten im hiesigen physiologischen Institut klargestellt werden wird.

Betreffs der Bildung der Milchsäure bei der Todtenstarre, die, wie unter anderem die Versuche von Böhm gezeigt haben, nicht durchaus mit der Bildung bei der Thätigkeit zusammengeworfen werden darf, habe ich folgende Erfahrungen mitzutheilen. Wurde ein sonst unverletztes Thier durch Verbluten getödtet und

1) Siehe obige Anmerkung.

die todtenstarren Muskeln desselben auf ihren Säuregehalt mit Lakmus untersucht, so enthielten die weissen Antheile in der Regel etwas mehr Säure als die rothen. Der Unterschied war aber lange nicht so bedeutend wie zwischen dem thätigen weissen und rothen Muskel.

(Aus dem Institut für Experimental-Physiologie der Universität Strassburg.)
(Prof. Dr. Goltz.)

Zur Physiologie des Froschgehirns.

(Vorläufige Mittheilung.)

Von

Dr. **Max E. G. Schrader**,
Assistent.

I. Vorderhirn (Grosshirn).

1. Auf dem so viel bestrittenen Gebiet der Gehirnphysiologie gilt als durch consensus omnium gesicherte Thatsache, dass ein grosshirnloser Frosch für immer die „Spontaneität" der Bewegung verloren hat, dass er „willenlos" geworden ist. Er soll zu Wasser und zu Lande bewegungslos bleiben, wenn man ihn nicht reizt, die Lage seines Schwerpunktes ändert oder an der freien Athmung hindert. Diese fast zum Dogma erstarrte Lehre von dem Sitz der Willkürbewegungen im Grosshirn bedarf einer Revision, denn in ihrer jetzigen Gestalt sind folgende Beobachtungen mit ihr unvereinbar.

Nach vollständiger Entfernung beider Grosshirnhemisphären mit möglichster Schonung des Thalami optici ist in gut gelungenen Fällen jenes Versinken in nahezu absolute Bewegungslosigkeit durchaus nicht zu constatiren, denn:

1. Solche Frösche verlassen „spontan" auch den erschütterungssicheren Galvanometerpfeiler.

2. Im Aquarium beobachtet, wechseln sie zwischen Land- und Wasseraufenthalt wie normale Thiere unter den gleichen äusseren Verhältnissen.

3. Zum Beginn der Winterkälte graben sie sich in die Erde oder verkriechen sich unter Steine etc.

4. Im Freien überwintert passen sie sich den äusseren Bedingungen in gleichem Umfange und mit dem gleichen Erfolge an wie ihre nicht operirten Genossen.

5. Mittelst einer Schraubenvorrichtung langsam ins Wasser gesenkt unter möglichster Vermeidung jeder plötzlichen Erschütterung oder stärkeren Wasserbewegung beginnen sie nicht früher und nicht später zu schwimmen als Thiere mit Grosshirn.

2. Das zweite allgemein anerkannte Merkmal entgrosshirnter Frösche und höherer Thiere besteht darin, dass dieselben selbständig niemals Nahrung aufnehmen sollen. Von den Einen wird diese Erscheinung zurückgeführt auf den Ausfall des Willens, von den Anderen gedeutet als Beweis für den Verlust des „Nahrungsbedürfnisses", des „Selbsterhaltungstriebes", und ist man von dieser Seite geneigt den letzteren wie die „Instinkte" überhaupt an das Grosshirn zu binden.

6. Unsere wie oben angegeben operirten Frösche fingen, als sie aus dem Winterschlaf erwachten, oder im Sommer Monate nach vollendeter Verheilung, sämmtliche sie in einer geräumigen Glasglocke umsummenden Fliegen. Sie besassen, wie die Section lehrte, nichts mehr von Grosshirnhemisphären. — Eine Regeneration derselben war, wie zu erwarten, nicht eingetreten.

II. Zwischen- und Mittelhirn (Thalami und Lobi optici).

An dem grosshirnlosen Frosch wurden von Goltz[1]) zwei positive Merkmale aufgefunden: Neigt man die eine Seite des Brettes auf dem das Thier sitzt, so dass der Rumpf tiefer zu liegen kommt als der Kopf, so wird zuerst dieser gegen die Unterlage gesenkt, sodann steigt der Frosch die schiefe Ebene hinan, um sich geschickt auf der hohen Kante im Gleichgewicht zu erhalten. Wird dagegen das vordere Ende gesenkt, so tritt zuerst Erhebung des Kopfes und dann wieder Ersteigen der Kante und zwar rück-

1) Fr. Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869.

wärts ein. Analog dem Ausfall dieses „Balancir-Versuches“ ist das Verhalten des entgrosshirnten Frosches auf der Drehscheibe. Setzt man die letztere z. B. rechts herum in Bewegung, so richtet der mit dem Gesicht nach der Peripherie auf ihr sitzende Frosch zuerst seinen Kopf nach links und beschreibt dann einen kleinen Kreis links herum. Hört die Drehung der Scheibe auf, so wendet sich der Kopf über die Ruhelage hinaus nach rechts und kehrt dann in die Geradstellung zurück, unter Umständen bewegt sich auch das ganze Thier einmal im Kreise rechts herum.

Goltz sah beide Erscheinungen ausfallen, wenn die Thalami und Lobi optici mit entfernt waren, und verlegt daher in das Mittelhirn das „Gleichgewichtscentrum“. Steiner[1]) hat neuerdings jene Versuche näher analysirt, er fand, dass die Kopf- und Rumpfbewegungen relativ unabhängig von einander sind. Bei dem Balancirversuch hörte das Klettern schon definitiv auf, wenn Grosshirn und Thalami optici entfernt wurden, hingegen blieb die Reaction des Kopfes ungestört; auf der Drehscheibe zeigten diese Thiere auch nur Kopfbewegungen. Auffallender Weise kehrten aber die Kreisbewegungen des ganzen Thieres bei dem letzteren Versuch wieder, genau wie nach Verlust des Grosshirns, wenn bis auf die Medulla oblongata mit der Kleinhirnbrücke alles Gehirn entfernt worden war. während das Klettern bei dem ersten Versuch auch nach dieser Operation verschwunden blieb. Eine Erklärung für dies abweichende Verhalten giebt Steiner nicht.

7. Frösche, welchen das Grosshirn unter ausgedehnterer Mitverletzung der Thalami optici entfernt ist, entsprechen gut dem Bilde, welches bisher für die reine Exstirpation der Hemisphären aufgestellt wurde. Bei ihnen sind die „spontanen“ Bewegungen bedeutend reducirt. Sind die Thalami möglichst vollständig mit beseitigt, so sitzt das Thier in der That zumeist regungslos da, wie in tiefen Schlaf versunken. Diese tiefe Depression löst sich jedoch langsam wenigstens zum Theil wieder.

Das Mittelhirn bietet im Wesentlichen sensible Elemente. Es sind desshalb die Verletzungen desselben gefolgt von schweren und lange andauernden Hemmungserscheinungen, von welchen die

---

1) J. Steiner, Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirns. Braunschweig 1885.

definitiven Ausfälle zu trennen nur nach Beobachtung durch grössere Zeiträume möglich wird. Monate nach erfolgter völliger Ausheilung — nach Ueberwinterung — wurde folgendes festgestellt.

8. Nach Verlust des Grosshirns und der Thalami optici gelingt es mittelst Schraubenvorrichtung die Thiere ins Wasser zu tauchen, ohne dass Bewegungen ausgelöst werden. Je nach dem Luftgehalt der Lungen mehr oder weniger tief eingetaucht, schwimmen die Frösche im Wasser ohne ihre hockende Stellung aufzugeben, ohne ein Glied zu rühren.

9. Der Kletterversuch veranlasst, wie Steiner richtig angegeben, nur Bewegungen des Kopfes. Das übrige Thier bleibt in Ruhe. Ueber den Grund derselben giebt folgender Versuch im Zusammenhange mit der obigen Beobachtung Aufschluss:

Ein rechteckiges Blechgefäss mit senkrechten Wandungen wird durch ein schräges Brett getheilt und zur Hälfte der Höhe mit Wasser gefüllt. Auf die Seite des stumpfen Winkels setzen wir zuerst einige entgrosshirnte Frösche. Nachdem dieselben einige Zeit herum geschwommen, steigen sie die schiefe Ebene in die Höhe. Auf die hohe Kante gelangt, bleiben sie eine Weile geschickt balancirend sitzen, entziehen sich dann aber meist durch einen eleganten Sprung der schwierigen Situation. Nun machen wir den gleichen Versuch mit Thieren, welche ausser dem Grosshirn noch die Thalami verloren haben. Auch sie ersteigen geschickt die schiefe Ebene, aber an die Kante gelangt tappen sie achtlos über dieselbe hinweg ins Leere und stürzen desshalb auf der anderen Seite hinab.

Diese und die vorige Beobachtung beweisen einen dauernden Ausfall auf dem Gebiet der Sensibilität, des Tastsinnes.

10. Während die soeben geschilderten Erscheinungen noch nach vollkommener Ausheilung der Thiere nachzuweisen sind, ist der Ausfall der Körperbewegungen auf der Drehscheibe kein endgültiger.

In der ersten Zeit nach der Operation erfolgt gar keine Reaction, auch die Kopfbewegungen werden dann meist vermisst. Diese stellen sich zuerst wieder ein, später kehren auch die Kreisbewegungen des ganzen Thieres zurück. Es handelt sich um das langsame Verschwinden einer Hemmung.

Die Reaction auf der Drehscheibe ist jetzt dieselbe, ob nur das Grosshirn entfernt ist oder noch dazu die Thalami optici oder,

noch weiter, auch die Lobi optici, ja endlich, worauf wir noch zurückkommen, selbst das vorderste Stück des Kopfmarkes!

Das Fortbestehen jener Kreisbewegungen trotz der oben nachgewiesen stark gestörten Sensibilität erweckt Zweifel an der Richtigkeit der naheliegenden Annahme, dass Hautreize die Veranlassung zu jenen Bewegungen sind.

11. Andererseits ist der Ausfall des Balancirversuches ein definitiver. Auf die langsame, gleichmässige verticale Neigung der Unterlage erfolgt nur das Heben oder Senken des Kopfes aber keine Kletterbewegungen. Wird das Brett sehr schräg gestellt, so folgt das Thier dem Zug der Schwere und kriecht herab, handelt also gerade umgekehrt wie der entgrosshirnte Frosch.

Für diesen Ausfall dürfte die Störung der Sensibilität die hinreichende Erklärung bieten.

Das Fortbestehen der Kopfbewegungen bei diesem Versuch, sowie die vollkommen erhaltene Reaction auf der Drehscheibe können nicht gut mehr aufgefasst werden als Antwortbewegungen auf Erregung der sensiblen Nerven der Haut, der Muskeln oder Gelenke, da unter dieser Annahme die Verschiedenheit in dem Ausfall der in Rede stehenden Versuche schwer verständlich wäre. Es drängt sich die Möglichkeit auf, dass der hier wirksame Reiz von einem anderen peripheren Organ, dessen Function ungeschädigt blieb, geliefert werden könnte.

12. Nach Steiner geht mit Abtragung des Gehirns bis eineinschliesslich der Sehhügel „das Gefühl des Luftbedürfnisses“ verloren. Die zu Grunde liegende Beobachtung, dass solche Thiere ins Wasser gesetzt, sehr bald auf den Boden sinken und nicht wieder an die Oberfläche kommen, sondern dort ersticken, ist nicht constant, wie Steiner annimmt, desshalb als Hemmungserscheinung zu deuten.

13. Unmittelbar nach der Operation wird die Haut der Thiere dunkel. Steiner, welcher diese Verfärbung beobachtete, giebt an, sie bliebe bestehen bis an das Lebensende. Auch hier handelt es sich um eine Reizerscheinung. Werden die Thiere nur lange genug beobachtet, so sieht man die ehemalige Färbung wiederkehren.

III. Nachhirn (Medulla oblongata, Kopfmark).

Wird das ganze Mittelhirn entfernt, also nur das Kopfmark mit der Kleinhirnleiste dem Thiere gelassen, so sollen nach Steiner

ausfallen der Goltz'sche Quackversuch und das „coordinirte“ Schwimmen, worunter die charakteristischen Schwimmstösse, welche der Frosch z. B. auf eiliger Flucht ausführt, verstanden werden. Das so operirte Thier macht im Wasser mit den Vorderbeinen eine Art Schreitbewegung, schwimmt „pudelnd“. Auf dem Lande wird ein Reiz mit einem normalen Sprung beantwortet.

Auch mit dieser Localisation stimmen unsere Beobachtungen nicht ganz.

14. Bei möglichster Integrität des Kopfmarkes kann man den Quackreflex noch erzeugen. Sein Centrum findet sich also nicht in den Lobi optici (Goltz, Steiner), sondern in der Medulla oblongata. Erhaltung der ersteren setzt nur günstige Bedingungen für das Spiel des Reflexes ohne unerlässliches Erforderniss zu sein.

15. Das Gleiche gilt von den normalen Schwimmstössen, auch sie fallen nicht nothwendig mit der vollkommenen Entfernung der Lobi optici fort.

16. Die Versuche 7 und 8 zeigen dagegen noch deutlicher als bei Thieren mit zum Theil erhaltenem Mittelhirn einen bedeutenden Ausfall in der Sphäre der Sensibilität. Mehr weniger deutlich lässt sich derselbe jetzt auch schon an der Haltung des Thieres erkennen.

Ist die Medulla oblongata nebst Kleinhirnleiste erhalten, so spielt also noch der Quackreflex, das Thier besitzt noch „Athembedürfniss“, vermag sich vollkommen coordinirt auf dem Lande wie im Wasser zu bewegen; beim Balancirversuch werden die Kopfbewegungen ausgeführt, aber es fehlt das Klettern; auf der Drehscheibe reagirt dagegen das Thier ungemein exact mit Kreisbewegungen nach der entgegengesetzten Richtung.

Durch weitere Zerlegung in die functionelle Gliederung des Kopfmarkes einzudringen ist verschiedentlich versucht worden, stets mit negativem Erfolge — man stiess auf den „Lebensknoten“. Ohne positive Erscheinungen zu bieten gingen die Thiere sehr bald zu Grunde. Die Aufhebung von Athmung und Gefässtonus bot eine genügende Erklärung für die Vernichtung auch der anderen Functionen, und desshalb schien eine genauere Localisation der letzteren auf diesem Wege nicht möglich. Nur Steiner ist neuerdings hier weiter gegangen. Obwohl auch er keine besseren Resultate erzielte, hat er doch den rein negativen Befund als reine

Ausfallserscheinung gefasst und zu dem Knotenpunkt seiner Lehre von der Localisation der motorischen Coordination erhoben.

Steiner entfernte das Gehirn mit der Kleinhirnleiste und dem von ihr bedeckten Theile der Medulla oblongata (pars commissuralis Stieda). Er vermochte solche Thiere „bis zu einer Woche am Leben zu erhalten": die schwach athmenden Frösche lagen platt auf dem Bauch, auf den Rücken gewendet machten sie keine Anstrengungen die Bauchlage wieder zu gewinnen, auf Reize erfolgte eine Abwehrbewegung, „aber eine Locomotion mit Hülfe coordinatorischer Thätigkeit der vier Extremitäten kam nicht mehr zu Stande". Auch im Wasser machten diese Thiere keinerlei Bewegungen, sondern hingen in demselben senkrecht in verschiedener Höhe oder sanken sogleich auf den Boden. Ebensowenig erfolgte eine Reaction auf der Drehscheibe. Uebrig geblieben waren nur die Funktionen des Rückenmarkes und des Athemcentrums.

Aus diesen Beobachtungen wird erschlossen „die Grundthatsache": dass in dem abgetragenen Theile des Kopfmarkes das „Hirncentrum" zu suchen ist, „dem die alleinige und ungetheilte Herrschaft über alle Locomotionen des Körpers" zukommt. Die ganze „Physiologie dieses Hirncentrums", welche Steiner aufstellt, steht und fällt mit der Berechtigung, die obigen Beobachtungen als „Ausfallserscheinung" zu deuten. Wir können ihnen diesen Werth nicht beimessen, weil wir den negativen Erfahrungen positive entgegenstellen können, welche, wie Steiner selbst sich an Goltz anschliessend hervorhebt, in diesen Fragen die allein Ausschlag gebenden sind.

Ausser der Abtragung der Pars commissuralis sind uns noch weitergehende Theilungen der Medulla obl. gelungen, ja die Entfernung des ganzen Organs bis zur Spitze des Calamus scriptorius. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurde das Kopfmark durch einfachen Querschnitt getheilt, um die gesonderte Function beider Abschnitte studiren zu können. Es gelang im Herbst und Winter derartig operirte Thiere 3—4 Monate hindurch zu beobachten.

a. Locomotion.

17. Unsere Frösche, welchen das ganze Gehirn mit Einschluss der pars commissuralis exstirpirt war, zeigten in ihrer Haltung kaum stärkere Abweichungen von der Norm wie Thiere mit unverletztem Kopfmark. Es ist die Lagerung der Extremitäten beim ruhigen Hocken nicht so sorgfältig wie bei dem nor-

malen Frosch. Abweichender ist noch die Haltung des Kopfes; derselbe bildet mit dem Rücken einen stumpfen Winkel.

18. Während die Thiere, welche sich noch im Besitz der ganzen Medulla oblongata befinden, in ruhig hockender Stellung verharren und nicht leicht von selbst eine Bewegung ausführen, sind diese Frösche wie beseelt von einem unwiderstehlichen Bewegungstrieb; unermüdlich kriechen sie vollkommen coordinirt umher und gelangen erst zur Ruhe, wenn sie sich in einem Winkel ihres Behälters festgerannt haben.

19. In wie vollkommener Weise noch der ganze Bewegungsapparat functionirt, lehrt die Thatsache, dass diese Thiere häufig sich in den Ecken ihres Gefängnisses aufrichteten und die senkrechte 18 cm hohe glatte Blechwand geschickt überkletterten. Auf der hohen Kante angelangt, zeigten sie dann auf das deutlichste das „Insleeretappen“ wie es unter Nr. 8 geschildert wurde.

20. Wenn auch die Bewegungsform bei der spontanen Locomotion meist eine schreitende oder kriechende ist, so wird doch gelegentlich auf Reiz auch ein richtiger Sprung ausgeführt. Im Wasser schwimmen die Thiere „pudelnd“. Die eleganten Schwimmstösse wurden nicht mehr beobachtet.

21. Fährt man mit der Abtragung des Kopfmarkes nach hinten zu weiter fort, so sieht man die Haltung der Thiere unordentlicher werden (sit venia verbo). Die Extremitäten lagern meist nicht mehr in der normalen Weise am Rumpf. Nach jeder Bewegung wird erst sehr langsam und nicht immer vollständig die Ruhestellung eingenommen. Die zunehmende Störung der cerebralen Sensibilität findet hierin ihren Ausdruck. Sobald man durch distincte Reize auf dem Wege des Reflexes zur Hülfe kommt, stellt sich schnell eine annähernd normale Haltung her.

Die Abnahme der cerebralen Empfindung lässt übrigens die spinale Reflexerregbarkeit gesteigert erscheinen.

22. „Der Bewegungsdrang“ nimmt wieder ab. Spontane Ortsveränderungen werden seltener beobachtet; dieselben werden mit fortschreitender Verarmung an Kopfmark ungeschickter, hören aber nicht auf vollkommen coordinirt zu sein.

23. Man kann die ganze Medulla bis zur Spitze des Calamus scriptorius entfernen und erhält doch noch völlig coordinirte Locomotion.

Es giebt also keine Stelle in der Medulla oblongata,

nach deren Verletzung nothwendig die coordinirte Fortbewegung aufhört.

24. Die Störung der Coordination der Bewegungen beginnt erst mit der augenfälligen Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit der Vorderbeine, welche immer deutlicher wird, je mehr sich der Schnitt von der Spitze des Calamus scriptorius aus dem Ursprung des Plexus brachialis nähert. Jetzt sinkt das Thier ganz auf den Bauch. Die Vorderbeine vermögen den Rumpf nicht mehr zu tragen. Reizt man in der Mittellinie, etwa am After, so schleudern die Hinterbeine durch kräftigen Stoss den Körper vorwärts. Die vorderen Extremitäten betheiligen sich noch durch „alternirende" aber unzulängliche und eigenthümlich zitternde Bewegungen. Dem Erfolg nach kommt eine coordinirte Fortbewegung also nicht mehr zu Stande.

Aus diesen Thatsachen ohne weiteres zu folgern, dass jenes von Steiner im vorderen Theil des Kopfmarkes gesuchte Locomotionscentrum einfach in das Uebergangstück zwischen Medulla oblongata und Rückenmark zu verlegen sei, wäre kein zwingender Schluss. Die Beobachtungen lehren uns, dass von jener Gegend an das Rückenmark intact sein muss, damit coordinirte Fortbewegung stattfinden kann.

25. Eigenthümliche klonische Krämpfe, welche ausgezeichnet sind durch merkwürdige Zwangsstellungen besonders der vorderen Extremitäten, kommen häufig bei Fröschen mit verstümmeltem Gehirn zur Beobachtung. Dieselben treten entweder ohne nachweisbare Veranlassung anfallsweise auf, oder es lässt sich ein auslösendes Moment nachweisen: ein starker Hautreiz, ein Sprung aus grosser Höhe etc. Meist werden diese Anfälle ohne Schaden ertragen, nur bei Thieren mit sehr grossen Hirnverlusten führen sie öfters zum Tode. Es sind diese Krämpfe ganz analog denjenigen, welche Heubel durch directe mechanische Reizung der Medulla in der Umgegend der Spitze des Calamus scriptorius erzeugen lehrte. Es entspricht sein „Krampfcentrum" der Gegend, bis zu welcher man das Gehirn ohne die Coordination auszulöschen abtragen kann.

An Rückenmarksfröschen kommen ebenfalls gelegentlich Krämpfe zur Beobachtung. Dieselben sind aber wesentlich tetanischen Charakters und entbehren der Zwangsstellungen.

b. Das Centrum für den Fress- und Schluckact.

Die freiwillige Aufnahme von Nahrung ist für den Frosch ebensowenig wie für den Fisch gebunden an das Grosshirn. Es ist oben mitgetheilt, dass entgrosshirnte Frösche eifrig Fliegen fingen. Es geht bei ihnen also der Weg der Opticuserregung nicht nothwendig und allein durch das Grosshirn um jene Centren zu erregen, welche der Innervation des Fressapparates vorstehen, sondern auch direct zu ihnen. Das Schnappen nach der Nahrung ist ein Reflex auf einen Opticusreiz, wie der Schluckact ein Reflex auf die Erregung der sensiblen Elemente des Schlundes ist. Das „Schluckcentrum" liegt in der Medulla. Bringt man einem bis auf dieselbe seines Gehirns beraubten Frosch ein Stückchen Fleisch in das Maul, so wird es sicher verschluckt.

Das selbständige Ergreifen der Nahrung fällt aus mit Verletzung der Thalami optici, das scheint natürlich, weil hier die Centren des N. opticus liegen. Solche im Gebiet des Zwischen- und Mittelhirns operirten Frösche können nur ernährt werden, wenn man ihnen mit Gewalt das Maul öffnet und die Nahrung dem Spiel des Schluckreflexes überliefert. Demnach scheint für das Zustandekommen des Schnapp- oder Beissreflexes mit Ausschluss der Grosshirnhemisphären das ganze übrige Gehirn erforderlich zu sein, dem ist aber nicht so:

26. Hat der Frosch auch noch den vorderen Theil der Medulla oblongata verloren, so ändert sich in dieser Beziehung mit einem Schlage sein Verhalten.

Wir berühren leicht mit dem Finger die Nase des ruhig dasitzenden Thieres, sofort schnappt es nach demselben, ergreift ihn mit dem Maul und beiden Vorderfüssen und sucht nun eifrigst ihn hinab, oder besser, sich auf ihn hinauf zu schlucken; nachdem das ziemlich weit gelungen, ändert sich meist plötzlich die Tendenz, und mit gleicher Heftigkeit ebenfalls unter thatkräftiger Unterstützung der Vorderfüsse wird der Finger wieder ausgestossen.

Streifen wir mit einem langen Stück Pferdefleisch die Nase unseres Frosches, so ergreift er es auch mit dem Maul und bemüht sich lebhaft, es mit den Händen bald hineinzustopfen, bald wieder herauszuziehen.

Die Analogie mit dem fliegenfangenden entgrosshirnten Frosche wäre noch schöner zu demonstriren, wenn es gelänge zu beobachten, dass ein so weit an Gehirnsubstanz reducirtes Thier das

ihm über die Nase kriechende Insect selbständig finge. Die Versuche in dieser Richtung waren ohne Erfolg, weil der Reiz der krabbelnden Fliege mit einem anderen Reflex beantwortet wurde. Eine geschickte Handbewegung schleuderte immer bald das aufdringliche Insect weit fort.

Nicht nur die Berührung des Kopfes, sondern auch der Vorderbeine, ja gelegentlich auch des übrigen Körpers löst den Reflex aus. Der Kopf wird dabei möglichst nach der Stelle des Reizes gewandt. Das Beissen macht durchaus den Eindruck zweckmässiger Selbstvertheidigung. Der sonst so friedliche Frosch, der allen Feinden gegenüber nur ein Rettungsmittel hat — die Flucht, setzt sich jetzt zur Wehr.

Beobachtet man mehrere derart operirte Thiere zusammen in einem Käfig, so hat man häufig Gelegenheit zu sehen, wie sie durch zufällige Berührungen sich selbst den Reflex auslösen und dann eifrig bemüht sind sich gegenseitig zu verschlingen.

27. Der Schnitt, welcher diesen Reflex entfesselt, wird, wie erwähnt, an dem hinteren Rande der Kleinhirnleiste, mit ihr parallel, senkrecht durch die Medulla geführt. Er geht also hart vor dem Austritt der Trigeminusgruppe her. Bei der Anwendung des sensibelen Reizes am Kopf ist die centripetale Bahn der Quintus, die centrifugale bildet stets der Facialis, welcher die Kiefermuskulatur versorgt. Der anatomische Ort des Reflexcentrums ist im centralen Ursprungsgebiet beider Nerven zu suchen. Die physiologische Verkettung mit anderen Bezirken des centralen Nervensystems beweist die Mitbewegung der Vorderbeine, und die Thatsache, dass auch die sensiblen Nerven der übrigen Körperhaut die zuleitende Bahn abgeben können.

Es ist selbstverständlich, dass Durchschneidung des Facialis den Reflex unmöglich macht. Dieser Nerv verläuft aber zusammen mit dem Trigeminus nach dem Austritt aus der Medulla seitlich von ihr, innerhalb der Schädelkapsel nach vorn bis zu der Höhe der Kopfmark-Mittelhirn-Grenze, wo das Ganglion des Quintus seine Lage hat. In Folge dieser anatomischen Verhältnisse kann man leicht bei der in Rede stehenden Operation die Nerven mit durchschneiden. Ist man einmal darauf aufmerksam geworden, so hält es nicht schwer, diese unliebsame Nebenverletzung zu vermeiden.

28. Ebenso wie die Durchschneidung der Nervenstämme führt die Zerstörung ihres Ursprunggebietes zur Aufhebung des

Reflexes. Es geschieht das durch Abtragung des Stückes vom Kopfmark, aus dem die Wurzeln jener Nervengruppe austreten. Nach dieser Operation besteht der Schluckact ungestört fort.

29. Die bei diesem zur Thätigkeit kommenden Nerven sind in der Vagusgruppe enthalten. Das Reflexcentrum liegt wiederum in dem Stück Centralorgan zwischen ihren Wurzeln. Nur die Entfernung dieses Abschnittes, sonst keine Verletzung oder Zerstörung höher gelegener Theile lässt definitiv den Schluckact ausfallen.

30. Sehr häufig beobachtet man nach dieser Abtragung eine vollkommene Inversion des Magens und des Oesophagus mit Prolaps in die Mundhöhle. Diese wird durch den stark geschwollenen tumor bedeutend ausgedehnt. Die Spitze des Vorfalls bildet der Pylorus. Bringt man einem solchen Thier ein Stückchen Fleisch in das Maul, so kann man beobachten, wie der Pylorus dasselbe umschliesst und langsam durch peristaltische Bewegungen verschlingt.

31. Bei derartiger Lähmung des Schluckactes können die Zungenbewegungen ungestört fortbestehen. Der Hypoglossus (erster Rückenmarksnerv) hat seinen Ursprung tiefer. Zerstörung seines Wurzelgebietes hat Zungenlähmung zur Folge, welche so bei erhaltener Kieferbewegung und ungestörtem Schluckreflex unabhängig erzeugt werden kann.

c. Der Umklammerungsreflex (Goltz).

32. Die Abtragung des vorderen Theiles des Kopfmarkes mit der Kleinhirnleiste entfesselt ferner zu elementarer Gewalt den Umklammerungsreflex. Bei dem intacten Thier steigert sich die Erregbarkeit dieses Reflexes zur Zeit der Begattung. Durch jene Verletzung wird er mitten im Winter erweckt und tritt mit einer Heftigkeit auf, welche die Liebeswuth eines normalen Männchens weit übertrifft. Wahllos wird von unserem Thiere alles umklammert.

Setzt man zwei so operirte Männchen zusammen in einen Käfig, so haben sie bald sich umklammert, häufig Brust an Brust werfen sie sich hoch aufgerichtet in ihrem Behälter herum, wie ein Paar Ringer in der Arena, bis sie ermattet zu Boden sinken, selbst dann lässt keiner von dem andern. Der eine stirbt, die Leiche bleibt fest umstrickt in den Armen des andern, bis auch ihm der Tod die Glieder löst.

Goltz wies nach, dass in dem Wurzelgebiet des Plexus brachialis das Centrum dieses Reflexes zu suchen ist.

d. Zur Function der halbcirkelförmigen Kanäle.

33. Nach der Entfernung des vorderen Theiles des Kopfmarkes reagirt der Frosch auf der Drehscheibe genau so mit Kreisbewegungen wie bei erhaltener Medulla oblongata. Auf den Rücken gelegt, kehrt er schnell und geschickt in die Bauchlage zurück.

34. Fällt der Schnitt hinter die Trigeminusgruppe, so hört jede Reaction auf der Drehscheibe vollkommen auf, obwohl die Locomotion gegenüber vorerwähntem Thier nicht wesentlich mehr gestört ist. Die Rückenlage wird lange ertragen, endlich aber doch meist wieder aufgegeben.

35. In dem Cocain besitzen wir ein Mittel die Sensibilität der Haut von der Peripherie her auszulöschen.

Setzt man einen entgrosshirnten Frosch in einer Schale, deren Boden mit 5%iger Cocainlösung bedeckt ist, auf die Drehscheibe, so kann man die charakteristischen Bewegungen noch erhalten, wenn schon die Sensibilität der Berührungsflächen der Haut sehr stark herabgesetzt ist. Später compliciren die hinzutretenden Lähmungserscheinungen den Versuch.

Bedeutende Störung der cerebralen Sensibilität schädigt die Reaction auf der Drehscheibe nicht, ebensowenig Abstumpfung der peripheren Hautempfindung. Die spinale Sensibilität reicht nicht hin, um jene Bewegungen zu erzeugen. Es handelt sich nicht um einen Rückenmarksreflex. Der positive Ausfall des Versuches ist gebunden an das Vorhandensein des Wurzelgebietes der Trigeminusgruppe. Es liegt ein Kopfmarkreflex der Erscheinung zu Grunde; welches aber ist die zuleitende Bahn? Nach den mitgetheilten Beobachtungen glauben wir dieselbe nicht in den sensiblen Nerven der Haut oder der Muskeln und Gelenke suchen zu dürfen. Bei dieser Sachlage fällt der Verdacht nothwendig auf die halbcirkelförmigen Kanäle, über deren Beziehung zur Erhaltung des Gleichgewichts noch immer der Streit schwebt. Theorien voll bewunderungswürdigen Scharfsinns hat derselbe reichlich gezeitigt. An beweisenden Experimenten fehlt es. Es erschien desshalb willkommen, auf unserem Wege zu einem einfachen und wegen der weniger complicirten Verhältnisse beim Frosch, durchsichtigen Versuch zu gelangen.

36. Herausnahme der häutigen halbcirkelförmigen Kanäle beim Frosch erzeugt ganz analoge Bewegungsstörungen, wie sie für Vögel so vielfach beschrieben sind. Die Operation ist vom Munde her ohne irgendwelche Nebenverletzungen ausführbar, besonders kann jede Beleidigung des centralen Nervensystems mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen worden. Diese durchaus charakteristischen Bewegungsstörungen dauerten Monate lang in unveränderter Form und Stärke an, nachdem die kleinen Wunden vollkommen verheilt waren.

37. Entfernung des Grosshirns ändert an den Erscheinungen nichts, es kann also für unser Thier eine Betheiligung der höheren Seelenfunktionen sicher ausgeschlossen werden.

38. Auf der Drehscheibe reagiren nun diese Thiere gar nicht mehr. Sie bleiben durchaus ruhig hocken, weder Kopf noch Rumpf zeigt die geringste Bewegung.

39. Entgegen den Angaben von Steiner beobachteten wir auch nach Durchschneidung beider Acustici an ihrem Eintritt in die Knochenkapsel, welche das innere Ohr umschliesst, die gleichen Störungen, wie nach Entfernung des häutigen Labyrinths, den gleichen Ausfall jeder Reaction auf der Drehscheibe.

Diese Beobachtungen drängen zu dem Schluss: Es handelt sich bei den Reactionsbewegungen auf der Drehscheibe um einen Reflex, für den der Reiz in den halbcirkelförmigen Kanälen entsteht, und das Centrum im Ursprungsgebiet des Acusticus liegt.

Es ist ein sensorischer Reflex wie der Fressreflex nach Entgrosshirnung.

So ist der Widerspruch gelöst, welcher uns in dem verschiedenen Ausfall des Balancirversuches und der Beobachtung auf der Drehscheibe aufstiess.

e. Der Quackreflex.

Derselbe wurde bei Thieren mit theilweise entfernter Medulla nicht mehr beobachtet.

f. Das Reflexcentrum für die Herzbewegung.

In einer früheren Mittheilung[1]) ist dasselbe als zwischen den Vaguswurzeln liegend mittelst des Goltz'schen Klopfversuches nachgewiesen wordeu.

---

1) Schrader, Ueber das Hemmungscentrum des Froschherzens etc. Inaug.-Diss., Strassburg 1886.

g. Das Athmungscentrum.

40. Die Abtragung des Gehirnes einschliesslich des vorderen Theiles des Kopfmarkes lässt die Athmung im Wesentlichen ungestört. Solche Thiere suchen noch im Wasser an die Oberfläche zu kommen, um ihr Athmungsbedürfniss zu befriedigen.

In den oberen Gehirntheilen können Centren für die Athmung (In- oder Expiration) in dem Sinne, dass mit ihrer Entfernung die ihnen zugeschriebene Function für die Dauer ausfiele, nicht nachgewiesen werden.

41. Trennt man in der Höhe der Spitze des Calamus scriptorius das Kopfmark vom Rückenmark durch einen glatten Querschnitt, so stellt sich sehr bald die Athmung von Nase, Kehlkopf und Mundboden wieder her, aber auch die Muskulatur des Rumpfes betheiligt sich an den ausgiebigeren Athembewegungen. Unterdrückt man die Respiration des Vorderthieres, so hört auch die des Rückenmarkthieres auf. Wahrscheinlich handelt es sich um einen Reflexvorgang.

42. Entfernt man bis zur Spitze des Calamus scriptorius die ganze Medulla, so konnten die Thiere im Winter wochenlang beobachtet werden, Athembewegungen stellten sich nicht wieder ein. Ob diesem Befund der Werth einer Ausfallserscheinung zukommt, bleibt noch dahingestellt.

Die für die automatische Athembewegung in Anspruch zu nehmende Gehirnpartie wäre sonach gelegen zwischen dem Querschnitt parallel dem hinteren Rand der Kleinhirnleiste, und — wahrscheinlich — dem Niveau der Spitze des Calamus scriptorius.

42. Querschnitte durch die derartig begrenzte Region heben den normalen Rhythmus der Athmung auf. Dieselbe wird periodisch mit Minuten bis Stunden langen apnoischen Pausen.

Ein Schnitt, welcher die Trigeminusgruppe in ihrem centralen Ursprung von derjenigen des Vagus so trennte, dass beide Theile weiter functionirten, gelang nicht, jedoch konnte beobachtet werden, dass nach Zerstörung eines dieser Gebiete das andere noch rhythmische Bewegungen veranlasst. Dieselben treten, wie erwähnt, in sehr ungleichen Zwischenräumen auf, können aber reflectorisch von der Haut aus jederzeit hervorgerufen werden.

IV. Rückenmark.

Die Möglichkeit der selbständigen Function einzelner Rückenmarksabschnitte ist längst bekannt, durch Goltz auch für die Säugethiere nachgewiesen. Am Frosch ist sie leicht zu demonstriren. Es gelingt ohne besondere Schwierigkeit durch Quertrennung des Centralnervensystems ihn in drei für Bewegung und Empfindung selbständige Thiere zu zerlegen (Kopf-, Vorderbein-, Hinterbein-Segment).

Die mitgetheile Versuchsreihe lehrt, dass man das Centralnervensystem des Frosches theilen kann in eine Reihe von Abschnitten, welche einer selbständigen Function fähig sind. Sie nähert das morphologisch geschlossene Centralorgan in seiner physiologischen Auffassung dem centralen Nervensystem jener niederen Thiere, bei denen die functionelle Selbständigkeit und Gleichwerthigkeit darin ihren morphologischen Ausdruck findet, dass die Nerven gesonderten Ganglienknoten entspringen, welche nur durch Commissuren verbunden sind. Sie spricht nicht für die Alleinherrschaft eines einheitlichen centralen Apparates, auch nicht für einen Bauplan mit einer Rangordnung verschiedenwerthiger Centren, sondern fordert auf, die Centralisation zu suchen in einer vielseitigen Verkoppelung relativ selbständiger Stationen.

Das Grosshirn ist hier ausser Betracht gelassen. Seine Bedeutung für den Gesammtplan haben wir bei unserem Versuchsthier weiter eingeschränkt, als es bisher geschehen. In der aufsteigenden Thierreihe gewinnt es aber morphologisch wie physiologisch beherrschenden Einfluss, dessen Art und Umfang Streitpunkt des Tages ist. Um das Gewirr der Bahnen zu schlichten, scheint anatomisch wie physiologisch der vergleichende Weg noch manche Aussicht zu bieten.

Ueber den Begriff „Urtheilstäuschung" in der physiologischen Optik und über die Wahrnehmung simultaner und successiver Helligkeitsunterschiede.

Von

Ewald Hering,

Professor der Physiologie an der deutschen Universität in Prag.

Eine kleine Abhandlung von S. Exner „über eine neue Urtheilstäuschung auf dem Gebiete des Gesichtssinnes"[1]) gab mir Gelegenheit einige Contrastversuche mitzutheilen, welche wie ich glaube in zwingender Weise die Nothwendigkeit einer physiologischen Erklärung des Simultancontrastes darthun und sich besonders für den Unterricht eignen[2]). Der Wunsch, die physiologische Auffassung des simultanen Contrastes anerkannt zu sehen, leitete dabei meine Feder; die Mittheilung Exner's war lediglich der Anlass und thatsächlich nur nebenbei Gegenstand meiner Abhandlung.

Heute veranlasst mich eine zweite Mittheilung Exner's über denselben Gegenstand[3]), die in der Ueberschrift genannten Punkte einer Erörterung zu unterziehen, wobei ich ebenfalls wiederholt Gelegenheit haben werde, Exner's Angaben zu berichtigen.

Was bedeutet das Wort „Urtheilstäuschung" in der physiologischen Optik?

Das Wort Urtheilstäuschung spielt in der Sinnesphysiologie eine so grosse Rolle, dass es für den Physiologen nöthig ist, darüber klar zu sein, was er darunter verstanden wissen will. Mit mir wird auch mancher Andere erstaunt gewesen sein, dass z. B. Exner, wie er ausdrücklich sagt, die von ihm beschriebene Con-

---

1) Dieses Arch., Bd. 37, S. 520.
2) Dieses Arch., Bd. 39, S. 159.
3) Dieses Arch., Bd. 40, S. 323.

trasterscheinung desshalb als eine Urtheilstäuschung bezeichnet hat, weil er meinte, dass dieser Ausdruck „möglichst wenig präjudicirt“.

Das Wort Urtheilstäuschung wird in der physiologischen Optik in verschiedenem Sinne gebraucht: erstens in seiner gewöhnlichen wissenschaftlichen Bedeutung, zweitens aber auch vom Standpunkte einer bestimmten Theorie als Bezeichnung für gewisse sogenannte Sinnestäuschungen.

Wenn man z. B. die nur scheinbar röthliche Färbung eines eigentlich farblosen Fleckes auf einem grünen Grunde für eine wirkliche rothe Färbung nimmt, oder wenn man die nur scheinbaren Helligkeitsänderungen eines constant beleuchteten Feldes, das von einem grösseren schwankend beleuchteten Felde umschlossen ist, für wirkliche Helligkeitsänderungen hält, so sind dies Urtheilstäuschungen im gewöhnlichen Sinne dieses Wortes. Sobald man aber einmal weiss, dass jene röthliche Färbung oder jene Helligkeitsänderungen nur scheinbare und lediglich subjectiv bedingte sind, sobald ist auch die Urtheilstäuschung behoben. Denn diese Täuschung bestand eben darin, dass man etwas nur subjectiv Gegebenes für etwas objectiv Gegebenes hielt.

Als Exner den vom Contraste mit der unstäten Beleuchtung der Hütte bedingten scheinbaren Helligkeitswechsel des durch die Dachlucke sichtbaren Himmels für Wetterleuchten hielt, war er also das Opfer einer Urtheilstäuschung. Als er den wahren Grund jenes Helligkeitswechsels erkannt hatte und die Erscheinung experimentell nachahmte, konnte von einer Urtheilstäuschung im gewöhnlichen Sinne des Wortes nicht mehr die Rede sein.

Das erwähnte subjective Phänomen musste nicht nothwendig zur Urtheilstäuschung führen. So ist mir zwar denkbar, dass auch ich im ersten Augenblicke das nur subjectiv bedingte Aufleuchten des Himmels für ein wirkliches genommen hätte, wenn es auch bei mir kaum so weit gekommen wäre, dass ich die Hütte verlassen hätte, weil ich mit derartigen Erscheinungen vertraut bin und sofort die Abhängigkeit der Erscheinung vom Schwanken des Heerdfeuers erkannt hätte; aber ebenso denkbar ist mir, dass ich gleich vom Anfang an die Erscheinung als eine nur durch Contrast bedingte erkannt und also gar nicht falsch geurtheilt hätte.

Ein nur subjectiv bedingtes Phänomen kann demnach zwar zu einer Urtheilstäuschung führen, muss dies aber nicht nothwendig

und darf auch an sich nicht als Urtheilstäuschung bezeichnet werden, wenn man dieses Wort im gewöhnlichen Sinne nimmt.

Nun wird aber, besonders seit dem Erscheinen des Handbuchs der physiol. Optik von Helmholtz, das Wort Urtheilstäuschung von den Physiologen noch in einem anderen Sinne gebraucht. Helmholtz ging bekanntlich bei seiner Erklärung des simultanen Contrastes von der Annahme aus, dass es sich bei der scheinbaren Aenderung einer Farbe oder Helligkeit durch Simultancontrast gar nicht um eine veränderte Erregung und Empfindung handle, sondern dass die bezügliche „Empfindung" dabei unverändert bleibe, aber infolge eines falschen Urtheils anders ausgelegt werde und so zu einer veränderten „Vorstellung" oder „Wahrnehmung" der Helligkeit oder Farbe führe. Er sucht also in einer Urtheilstäuschung die Ursache für die scheinbare Aenderung der Farbe oder Helligkeit. Die Erscheinungen des successiven Contrastes jedoch, insbesondere die Nachbilder führt er nicht auf eine Urtheilstäuschung zurück, sondern auf eine Ermüdung und eine dadurch bedingte Aenderung der Empfindung.

Wenn man also nach Betrachtung einer weissen Scheibe auf dunklem Grunde, nachher auf hellem Grunde einen dunklen Fleck sieht, so ist dies ein durch veränderte Erregung und Empfindung bedingtes Sinnesphänomen (das nur den Unerfahrenen zu der Urtheilstäuschung führen könnte, dass ein wirklicher dunkler Fleck vorhanden sei). Wenn aber eine graue Scheibe vor einem zunächst gleich grauen Hintergrunde, sich plötzlich scheinbar verdunkelt, sobald der Hintergrund wirklich heller wird, so ist dies nach Helmholtz ein durch ein falsches Urtheil herbeigeführtes Phänomen (das nun seinerseits den Unerfahrenen wieder zu der weiteren Urtheilstäuschung führen kann, dass die graue Scheibe wirklich heller geworden sei).

In Gemässheit dieser Ansicht hat man nun solche rein subjective Sinneserscheinungen, welche sich nach Helmholtz aus falschen Urtheilen oder Urtheilstäuschungen erklären lassen, selbst als Urtheilstäuschungen bezeichnet und dieses Wort als Synonym für jene subjectiven Sinneserscheinungen gebraucht.

Ueber die so entstandene Doppelsinnigkeit des Wortes Urtheilstäuschung muss man sich ganz klar sein, wenn man dasselbe in der physiologischen Optik gebrauchen will. Ein Physiologe,

der sich eine Erscheinung des simultanen Contrastes aus einer entsprechenden Zustandsänderung oder Erregung des Sehorgans und einer dadurch bedingten Aenderung der Empfindung erklärt, kann diese Erscheinung nicht eine Urtheilstäuschung nennen. Von einer solchen könnte ja für ihn nur dann die Rede sein, wenn er die Ursache der Erscheinung irrthümlich in der Aussenwelt suchen würde; er weiss aber bereits, dass es sich hier um eine rein subjective Erscheinung handelt. Wenn ein Physiologe eine Contrasterscheinung als eine Urtheilstäuschung bezeichnet, so sagt er damit zugleich, dass er sich die erstere wie Helmholtz aus einem falschen Urtheil erklärt, dass er sie also vom Standpunkte der psychologischen und nicht der physiologischen Theorie auffasst.

Ob die Erscheinungen des Simultancontrastes auf eine physiologische Wechselwirkung der einzelnen Theile des Sehorganes zurückzuführen oder aus unbewussten falschen Urtheilen zu erklären seien, ist ja der alte Streit, und das Wort „Urtheilstäuschung" ist sogar zum Stichworte der psychologischen Theorie des Contrastes geworden, wie die Worte „Wechselwirkung der Netzhautstellen" zum Stichworte für die physiologische Theorie.

Weit entfernt nichts zu präjudiciren, wie Exner meint, präjudicirt hier das Wort Urtheilstäuschung vielmehr die ganze Auffassung des Physiologen, der es von einer optischen Täuschung gebraucht. Letzteres Wort dagegen ist heutzutage für den Physiologen allerdings ein unverfängliches. Wir können z. B. das positive Nachbild, welches wir nach flüchtiger Betrachtung eines hellen Fensters und sofortigem Verdecken der Augen sehen, als eine optische Täuschung bezeichnen, aber kein Physiologe wird es eine Urtheilstäuschung nennen. Nur bei demjenigen, der glauben würde, er könne die Umrisse des Fensters durch die Decke der Augen hindurch noch wahrnehmen, läge eine Urtheilstäuschung vor. Die farbigen Schatten sind ebenfalls optische Täuschungen; die Anhänger der Theorie von Helmholtz führen sie auf unbewusste falsche Urtheile zurück und nennen sie desshalb Urtheilstäuschungen; die Anhänger der physiologischen Theorie erklären die subjective Farbe des einen Schattens aus veränderter Erregung der bezüglichen Theile des Sehorgans und können desshalb hier nicht von einer Urtheilstäuschung sprechen, sofern nicht etwa Einer einmal unachtsamer Weise die subjective Farbe für eine objectiv bedingte, sogenannte wirkliche Farbe halten würde.

Da billiger Weise nicht anzunehmen war, dass Exner das hier Gesagte nicht erwogen habe, so konnte man seine Bezeichnung einer Contrasterscheinung als einer Urtheilstäuschung nur im Sinne der psychologischen Theorie nehmen, und Exner trägt lediglich selbst die Schuld, wenn Einer, der der Theorie von Helmholtz nicht beipflichtet, dies auch ihm gegenüber zum Ausdruck brachte.

Aber ganz abgesehen von dem Titelworte seiner Mittheilung liess auch die weitere Darstellung Exner's keinen Zweifel darüber aufkommen, dass er die von ihm beschriebene Erscheinung ganz im Sinne der psychologischen Theorie auffasste. Denn er sagte: „Diese Sinnestäuschung zeigt, dass wir geneigt sind, die in unserem Sehfeld dominirende Helligkeit für constant zu halten, und infolge dessen die wechselnde Differenz dieser mit der Helligkeit eines beschränkten Feldes auf einen Helligkeitswechsel des letzteren zu beziehen.“ Das ist durchaus im Geiste der Theorie von Helmholtz geschrieben. In ganz analoger Weise erklärte Helmholtz z. B. das Blauerscheinen des Tageslichtes beim Versuche mit den farbigen Schatten daraus, dass wir geneigt sind, eine schwachfarbige Gesammtbeleuchtung, wie die bei Kerzenlicht, für eine weisse zu nehmen, und desshalb den wahrgenommenen Farbenunterschied zwischen der herrschenden Beleuchtung und der des an sich farblosen Schattens nicht auf eine Färbung der ersteren, sondern auf eine complementäre der letzteren beziehen.

Von einem irrthümlichen „Beziehen“ der Helligkeitsschwankung auf das kleine reagirende statt auf das grosse inducirende Feld könnte bei dem von Exner beschriebenen Phänomen derjenige gar nicht sprechen, welcher die Ansicht vertritt, dass in einem solchen Falle die dem reagirenden Felde entsprechende Erregung und Empfindung thatsächlich viel grössere Schwankungen erfährt, als die dem inducirenden Felde entsprechende.

Ich hatte also dieser psychologischen Auffassung und Erklärung Exner's gegenüber volles Recht, die physiologische Erklärung derartiger Erscheinungen wieder in Erinnerung zu bringen.

Ueber die Wahrnehmung von Helligkeitsänderungen einer grösseren Fläche, welche ein kleineres constant beleuchtetes Feld umschliesst.

Schon in meiner ersten Abhandlung über die von Exner beschriebene Contrasterscheinung habe ich gezeigt, dass die Photometrie und das Alltagsleben uns viele ganz analoge Erscheinungen darbieten, ganz abgesehen davon, „dass die wissenschaftliche Untersuchung der Contrasterscheinungen mannigfache Gelegenheit zu analogen Betrachtungen giebt.“ Ich will für die in der Ueberschrift angedeutete Erörterung ein ebenfalls längst bekanntes Beispiel wählen.

Bouguer, Fechner, Volkmann, Aubert u. A. stellten ihre Versuche über eben merkliche Helligkeitsunterschiede in folgender Weise an: Eine grössere weisse Fläche wurde variabel beleuchtet mit Ausnahme eines kleinen (reagirenden) Feldes[1]), welches bei jedem einzelnen Versuche dieselbe Helligkeit beibehielt. Zum Versuche genügen, wenn er kein messender sein soll, zwei beliebige Flammen, von welchen wenigstens die eine klein und verschiebbar oder durch einen Hahn regulirbar sein muss, und ein kleiner schattenwerfender Körper z. B. ein Stab (Bouguer) oder eine kleine Scheibe (Aubert). Bei diesem Versuche beobachtet man nun als erste merkliche Folge einer objectiven Helligkeitssteigerung des Grundes nicht ein Hellerwerden des letzteren, sondern ein Dunklerwerden des kleinen constant beleuchteten Feldes. Steigert man die objective Helligkeit des Grundes noch weiter, so zeigt sich doch zunächst noch keine Zunahme seiner scheinbaren Helligkeit, sondern nur eine weitere Verdunklung der constant beleuchteten Stelle. Um wie viel die objective Helligkeit des Grundes gesteigert werden kann, ehe sie zu einer merklichen Zunahme seiner scheinbaren Helligkeit führt, hängt mit von der Geschwindigkeit der objectiven Helligkeitsänderung ab.

Hat man die wirkliche Helligkeit des Grundes mit einer bestimmten Geschwindigkeit innerhalb jener Grenzen gesteigert, wo sie noch nicht zu merklicher Zunahme seiner scheinbaren Helligkeit führt, betrachtet nun das scheinbar dunkler gewordene kleine Feld und bringt die wirkliche Helligkeit des Grundes mit derselben Geschwindigkeit wieder auf das frühere Maass zurück, so erscheint jetzt plötzlich, wie ich das ebenfalls schon beschrieb, das kleine Feld vorübergehend deutlich heller als der Grund, der letztere aber nach wie vor in unveränderter Helligkeit. Ob man diese Helligkeitsänderungen nur einmal herbeiführt oder öfter wiederholt, ist für das Wesen des Versuchs ganz gleichgültig.

Macht man die objectiven Helligkeitsänderungen des Grundes so gross, dass sie auch auf dem Grunde merkliche Aenderungen der subjectiven Helligkeit zur Folge haben, so ändert auch dies das Wesentliche der Erscheinung nicht; es werden nur die scheinbaren Helligkeitsänderungen des kleinen Feldes noch grösser. Immer also sind innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen

1) Schon Aubert hat darauf aufmerksam gemacht, dass das reagirende Feld nicht allzuklein sein darf, was ich hier ausdrücklich erwähnen will.

der objectiven Helligkeitsschwankung die scheinbaren Aenderungen des constant beleuchteten Feldes das am meisten Auffallende, immer sind sie, so lange die objectiven Aenderungen ein gewisses Maass nicht überschreiten, grösser als die scheinbaren Helligkeitsschwankungen des Grundes, gleichviel ob letztere überhaupt merklich sind oder nicht.

Kleine objective Helligkeitsänderungen einer Fläche, welche ein constant beleuchtetes Feld umschliesst, verrathen sich also für unsere Wahrnehmung zunächst nur dadurch, dass das letztere Feld seine scheinbare Helligkeit ändert, und auch grössere, innerhalb gewisser Grenzen ablaufende Schwankungen der objectiven Helligkeit des Grundes äussern sich viel deutlicher in Aenderungen der scheinbaren Helligkeit des constant beleuchteten Feldes als der subjectiven Helligkeit des Grundes.

Die Erklärung dieser Thatsachen ergiebt sich nach der physiologischen Theorie, gleichviel welchen besonderen Ausdruck man ihr giebt, unmittelbar aus den beiden Hauptsätzen derselben: 1) die physiologischen Zustände (Erregungszustände) der einzelnen Theile des Sehorganes beeinflussen sich gegenseitig in antagonistischer Weise, 2) diese Wechselwirkung ist am stärksten zwischen den unmittelbar benachbarten Theilen und nimmt mit dem gegenseitigen Abstande derselben rasch ab. Um von den Aelteren ganz abzusehen, so sagt J. K. Becker:

„Irgend ein Theil der Netzhaut ist für neue Lichteindrücke empfänglicher, wenn die Umgebung nur schwache Lichteindrücke empfängt, als wenn sie stärkere empfangen würde." Mach drückte das Verhältniss bildlich dahin aus, „dass von der Erregung einer Netzhautstelle desto mehr oder weniger in das Sensorium abfliessen könne, ja weniger, beziehungsweise mehr die ganze Netzhaut erregt ist." „Die Erregungen zweier Stellen versperren sich sozusagen gegenseitig den Abfluss in's Sensorium." Ich selbst nahm an, dass das Verhältniss zwischen Assimilirung und Dissimilirung an jeder Stelle der psychophysischen Substanz des Sehorgans mit abhängig sei vom jeweiligen Zustande aller übrigen Stellen.

Hieraus erklärt sich nun unmittelbar einerseits die Unmerklichkeit oder relativ geringe Merklichkeit der objectiven Helligkeitsänderung des Grundes, andererseits die sehr merkliche Aenderung der scheinbaren Helligkeit des kleinen constant beleuchteten Fel-

des. Um es im Sinne Becker's auszudrücken, welcher sich den üblichen Vorstellungen von der Erregung und Erregbarkeit am engsten anschloss: es setzen alle diejenigen Stellen, deren objective Beleuchtung zunimmt, in gegenseitiger Wechselwirkung ihre Erregbarkeit noch weiter herab, so dass der subjective Helligkeitszuwachs nothwendig kleiner wird, als er ohne diese Herabsetzung der Erregbarkeit sein würde. Dessgleichen wird auch an der constant beleuchteten Stelle bei wachsender Beleuchtung der Umgebung die Erregbarkeit herabgesetzt. Da jedoch hier kein objectiver Helligkeitszuwachs stattfindet, so äussert sich die Erregbarkeitsänderung durch eine entsprechende Herabsetzung der schon bestehenden Erregung und durch scheinbare Helligkeitsabnahme. Nimmt die objective Helligkeit des Grundes ab, so verhält sich Alles umgekehrt. Da die Wechselwirkung benachbarter Theile viel stärker ist, als diejenige der unter sich ferneren, so äussert sich der Contrast in der Nähe der Grenze zwischen dem constant bleibenden (reagirenden) Felde und dem (inducirenden) Grunde am stärksten, und da ein kleines reagirendes Feld in allen seinen Theilen dieser Grenze nahe ist, so versteht sich die starke Wirkung und die entsprechend erhebliche Aenderung seiner scheinbaren Helligkeit. Ist die objective Helligkeitsänderung des Grundes zu klein, um eine merkliche Aenderung seiner subjectiven Helligkeit zu bewirken, so kann die stärkere scheinbare Helligkeitsänderung des reagirenden Feldes doch noch ganz deutlich sein. In meinen Mittheilungen zur Lehre vom Lichtsinne ist übrigens die Anwendung der allgemeinen Sätze der Contrastlehre ebenfalls an besonderen Beispielen erläutert.

Ich kann mir nicht denken, dass ein Physiologe, der die angeführten Hauptsätze der physiologischen Theorie in klarer Erinnerung oder gar Mach's oder meine bezüglichen Abhandlungen aufmerksam gelesen hat, nicht im Stande sein sollte, sich die eben gegebene Erklärung des fraglichen Phänomens selbst aus jenen Hauptsätzen abzuleiten.

Wenn also Exner jetzt sagt, er habe sich das Phänomen und zwar insbesondere das scheinbare Gleichbleiben der Helligkeit des Grundes aus meinen Anschauungen über den Simultancontrast nicht erklären können, zugleich aber behauptet, mit der physiologischen Theorie des Contrastes vertraut gewesen zu sein, so finde ich darin einen Widerspruch.

Zum Beweise seiner Vertrautheit mit der physiologischen Theorie führt Exner an, dass er „den Kernpunkt der Theorie Hering's: Die Beeinflussung einer Netzhautstelle durch eine andere kurz nach ihm aber unabhängig von ihm und auf ganz anderem Wege gefunden und behauptet habe", wobei er auf eine gegen Ende des Jahres 1875 erschienene Abhandlung hinweist. Dem gegenüber ist daran zu erinnern, dass dieser Kernpunkt bei allen physiologischen Theorien des Simultancontrastes trotz ihrer sonstigen Verschiedenheit derselbe ist, dass die sogenannte Wechselwirkung der Netzhautstellen seit Plateau's bezüglichen Abhandlungen, also seit 50 Jahren der Gegenstand wissenschaftlicher Discussion gewesen ist, dass Becker im Jahre 1870, Mach in den Jahren 1865—68 in besonderen Abhandlungen für die wechselseitige Abhängigkeit der Einzeltheile des Sehorgans eingetreten ist.

Ueber die Wahrnehmung ausschliesslich successiver Helligkeitsunterschiede.

Exner legt in seiner zweiten Mittheilung ein einseitiges Gewicht darauf, dass „unter gewissen Umständen" der in Wirklichkeit wechselnd beleuchtete Grund seine scheinbare Helligkeit gar nicht ändere; dies sei das Neue bei der Sache, nicht aber der scheinbare Helligkeitswechsel des kleinen constant beleuchteten Feldes (das scheinbare Wetterleuchten). „Das Auffallende ist nicht," so sagt er, „dass das kleine Feld zu flackern scheint, sondern — und darauf geht Hering gar nicht ein — dass der Grund unter den genannten Verhältnissen nicht zu flackern scheint." Ich bin zwar, wie ich unten zeigen werde, an nicht weniger als vier Stellen darauf eingegangen, würde es aber vielleicht noch ausführlicher gethan haben, wenn Exner diesen Punkt schon damals irgendwie betont hätte. Er sagte damals zwar, dass er „den Wechsel in der Intensität der Beleuchtung" der Hütte trotz darauf gerichteter Aufmerksamkeit „nur unvollkommen" wahrgenommen habe, und dass bei der experimentellen Herstellung des Phänomens „der Intensitätswechsel im Kreise (d. i. hier das reagirende Feld) immer viel auffallender war als im Grunde," er sagte aber nicht, dass diese angenäherte Constanz der scheinbaren Helligkeit des Grundes für ihn die Hauptsache sei. Doch ist dies bei seiner psychologischen Auffassung des Phänomens allerdings sehr verständlich, denn nach dieser kann ja der scheinbare Helligkeitswechsel des constanten Feldes nur in dem Maasse hervortreten, als der des Grundes zurücktritt; soll es sich doch nur um ein falsches „Beziehen" der wahrgenommenen Helligkeitsänderungen handeln.

„In allen von Hering angeführten Fällen", sagt Exner, „handelt es sich darum, dass die wirkliche Helligkeitsänderung des Grundes bisweilen weniger auffallend ist, als die scheinbare oder thatsächlich geringere des kleinen Feldes. In meinem Falle aber ist die wirkliche Helligkeitsänderung des Grundes (unter gewissen Umständen) gar nicht bemerkbar, und es bleibt nur die vorgetäuschte Aenderung des kleinen Feldes sichtbar."

Wenn ich auch wirklich, wie Exner unrichtig behauptet, lediglich solche Fälle angeführt hätte, in denen die scheinbaren Helligkeitsänderungen des Grundes nur minder auffallend sind, als die des kleinen Feldes, so würde doch der Fall, wo die ersteren ganz unmerklich werden, während die letzteren noch deutlich sind, nur ein Grenzfall sein, also die für den ersteren Fall gegebene Erklärung zugleich für den letzteren Fall gelten, und der Einwand von Exner schon aus diesem Grunde hinfällig sein.

Ich sagte jedoch bei Besprechung der Rumford'schen Methode der Photometrie (S. 160), dass hierbei „kleinere Aenderungen der einen Lichtquelle sich schliesslich überhaupt nur durch die Helligkeitsänderung des Schattens (die des reagirenden Feldes) und nicht mehr durch eine Helligkeitsänderung der Fläche merklich machen". Ferner sagte ich bei Besprechung der Bunsen'schen Photometrie (S. 160): „Die Verschiebungen oder Intensitätsänderungen der einen Lichtquelle bewirken sehr auffallende Helligkeitsänderungen des Fettfleckes (d. i. des reagirenden Feldes), während die weisse Fläche des Papiers ihre scheinbare Helligkeit viel weniger oder auch gar nicht ändert". Ich sagte weiter bei der Erklärung dieser Erscheinungen (S. 168): „Eine Neigung oder Minderung der Beleuchtung und Erregung der übrigen Netzhaut, welche nicht erheblich genug ist, um eine auffallende oder auch nur überhaupt merkliche Aenderung der entsprechenden Empfindungen zu erzeugen, kann aber sehr wohl eine erhebliche Aenderung im Zustande der Stelle A (d. i. des reagirenden Feldes) erzeugen, weil die Aenderung des Erregungszustandes in A die Resultirende aus den gleichsinnigen Einzelwirkungen all der vielen Netzhautstellen ist, welche dem Einflusse der Beleuchtungsänderung unterworfen sind." Noch eine vierte Stelle könnte ich beiziehen, aber das Gesagte genügt, um die Behauptung Exner's als eine sehr auffallende Unrichtigkeit zu characterisiren.

Für denjenigen, der die von mir angeführten Contrasterscheinungen kennt, ist das scheinbare Gleichbleiben des schwankend beleuchteten Grundes ebensowenig etwas Neues als der scheinbare Helligkeitswechsel des reagirenden Feldes; denn ersteres tritt eben immer ein, sobald ceteris paribus die Grösse der objectiven Helligkeitsschwankung unter ein gewisses Maass sinkt. Doch könnte Jemand auffällig finden, dass nach Exner's neuerlicher Behauptung sogar Intensitätschwankungen der Beleuch-

tung im Verhältniss von 1:5 oder gar 1:10 untermerklich bleiben sollen. Aber es ist erstens zu bedenken, dass es Exner erst nach einer halben bez. sogar nach „einigen“ Stunden gelang diese Helligkeitsschwankungen nicht mehr zu bemerken, und zweitens darf nicht vergessen werden, dass es hier keineswegs nur auf das Verhältniss ankommt, in welchem das Maximum der schwankenden Helligkeit zum Minimum steht, sondern auch auf die absolute Grösse beider Helligkeiten. Es kommt öfters vor, dass die Gasflamme, welche unsern Schreibtisch beleuchtet, leicht zittert; dann bemerkt man das schwache Flackern der Beleuchtung recht gut auf dem in der Nähe der Flamme befindlichen Schreibpapier, nicht aber auf einer daneben befindlichen dunkleren Fläche oder auf der von der Gasflamme relativ weit entfernten Zimmerwand. Es wäre auch in der That sonderbar, wenn die Unterschiedsempfindlichkeit[1]) für successive Helligkeiten nicht abnehmen sollte, sobald die absolute Helligkeit wesentlich unter das mittlere Maass der Tageshelligkeit sinkt, nachdem längst bekannt ist, dass die Unterschiedsempfindlichkeit für simultane Helligkeiten unter solchen Umständen in ganz gesetzmässiger Weise rasch abnimmt. Zwei graue Papiere z. B., welche uns bei Tage verschieden hell erscheinen, werden bekanntlich bei einem gewissen Grade der Dämmerung scheinbar gleich und was dergl. mehr ist.

Wenn die Gasflammen, welche eine für das Lesen bequeme Helligkeit geben, ein wenig zittern, wobei sich ihre Leuchtkraft in rhythmisch wiederkehrender Weise einige Mal in der Sekunde um einen sehr kleinen Bruchtheil vermindert, so bemerken wir die Unstätigkeit der Beleuchtung auf einem weissen Papiere noch ganz gut, und es ist daher gar nicht daran zu denken, dass Intensitätsschwankungen dieser Beleuchtung im Betrage von $^4/_5$ oder gar $^9/_{10}$ der maximalen Intensität, wenn sie in der Sekunde nur zweimal erfolgen, nicht bemerkt werden, sie sind im Gegentheil unerträglich. Als Exner Schwankungen der Beleuchtung von der eben genannten Grösse absichtlich herbeiführte, war die absolute Intensität der Beleuchtung eine viel geringere, denn er las bei derselben „gewöhnlichen Zeitungsdruck“ schon etwas mühsam. Auch

1) Als Maass der Unterschiedsempfindlichkeit dient gewöhnlich nicht die Differenz, sondern das Verhältniss zweier eben merklich verschiedener Lichtintensitäten („relative“ Unterschiedsempfindlichkeit).

waren ja doch diese Schwankungen der Beleuchtung ihm in der ersten Zeit merklich, ob viel oder wenig, sagt er nicht; er giebt nur an, dass er sie nach einer Viertelstunde schon recht schwer, nach einer halben gar nicht mehr zu erkennen vermochte. Dieses nach längerer Zeit eintretende Unmerklichwerden der Helligkeitsschwankungen dürfte vielleicht daraus zu erklären sein, dass die unstäte Beleuchtung seine Augen überreizte und schliesslich stumpf machte. Das leichte Zittern der Gasflammen bemerke ich auf dem weissen Papier nach mehreren Stunden noch ebenso wie im Anfange, wenn ich nur die Aufmerksamkeit darauf richte. Wir gewöhnen uns allerdings insofern an dasselbe, als es uns beim Lesen und Schreiben nicht mehr stört; aber sobald wir darauf achten, bemerken wir es wieder. Exner dadegen konnte auch bei darauf gerichteter Aufmerksamkeit die Unstätigkeit der Beleuchtung nicht mehr bemerken, was eben wahrscheinlich macht, dass er seine Augen durch das starke Flackern übermüdet hatte. In einem, von dem flackernden Feuer eines Heerdes beleuchteten Raume musste er sich sogar „einige Stunden“ aufhalten, um an der Wand den Helligkeitswechsel nicht mehr zu bemerken!

Was dieser lange Aufenthalt in den unstät beleuchteten Räumen mit dem Phänomen, welches Exner in seiner ersten Mittheilung beschrieb, eigentlich zu thun haben soll, ist nicht verständlich. Wenn wir, wie Exner meint, die „Neigung“ haben, „die dominirende Beleuchtung für constant zu halten“, so sollte man doch meinen, dass sich diese Neigung gleich anfangs geltend machen müsste und nicht erst nach einer halben bezw. einigen Stunden. Wenn Exner gefunden hätte, dass in dem Raume mit dem flackernden Heerdfeuer, in welchem, wie in der Almhütte, der Nachthimmel durch ein kleines Fensterchen sichtbar war, das scheinbare Wetterleuchten des Himmels sich anfangs gar nicht zeigte und erst bemerklich wurde, als nach einigen Stunden die Unstätigkeit der Beleuchtung an den Wänden des Raumes unmerklich geworden war, so hätten die beiden Thatsachen eine Beziehung zu einander. Aber von dem scheinbaren Helligkeitswechsel des durch das kleine Fenster sichtbaren Nachthimmels spricht Exner jetzt gar nicht mehr. In dem anderen wechselnd beleuchteten Raume, in welchem er nach einer halben Stunde den Helligkeitswechsel nicht mehr bemerkte, war sogar ein constant beleuchtetes reagirendes Feld überhaupt nicht vorhanden. In seiner ersten Mittheilung hatte Exner nicht erwähnt, dass er schon einige Stunden in der Almhütte am Feuer sass, als das scheinbare Wetterleuchten auftrat, und aus der Beschreibung des Versuchs, durch welchen er die Erscheinung im Laboratorium nachahmte, ging hervor, dass der scheinbare Helligkeitswechsel des kleinen reagirenden Feldes gleich anfangs da war.

Letzteres ist eben thatsächlich immer der Fall, sobald die sonstigen Bedingungen für die Erscheinung gegeben sind, und das lange Warten hat mit dem wesentlichen Inhalte der Erscheinung gar nichts zu thun.

In einem Dunkelzimmer mit zwei verstellbaren Diaphragmen, wie sie Aubert zu seinen bekannten Versuchen benutzte, kann man eine rhythmisch auf- und abwogende Beleuchtung sehr leicht erzeugen, wenn man eine dunkle Scheibe mit passenden Ausschnitten ganz dicht vor dem einen Diaphragma rotiren lässt. Der Rhythmus der Schwankungen, das Verhältniss und die absolute Grösse der maximalen und minimalen Lichtintensität lassen sich hier innerhalb weiter Grenzen variiren. Wählte ich die Lichtmenge so, dass ich bei der schwankenden Beleuchtung diese Druckschrift eben nur noch mühsam lesen konnte, so war die Unstätigkeit der Beleuchtung auf dem Papiere bei 2—3 Schwankungen in der Sekunde noch ganz merklich, wenn sich die maximale zur minimalen Lichtmenge wie 5 : 4 verhielt. Die Grenze der Merklichkeit habe ich nicht festgestellt. Schwankungen der Beleuchtung im Verhältniss von 5 : 1 waren für mich schon sehr lästige. Ob ich diese grossen Schwankungen nach einer halben Stunde nicht mehr bemerkt haben würde, weiss ich nicht; es kommt hier auch gar nichts darauf an. Wenn die Helligkeit der beobachteten Fläche nicht auf Grund einer vereinbarten Einheit gemessen wird, so lassen sich die Ergebnisse verschiedener Beobachter nicht vergleichen. Exner hat jene Helligkeit auch nicht gemessen; wir erfahren von ihm zwar, dass seine Lichtquelle aus „10 englischen Normalkerzen“ bestand, wie gross aber die Helligkeit der Wand war, welche diese Kerzen durch paraffingetränktes Papier hindurch beleuchteten, wurde nicht festgestellt, und lediglich darauf käme es hier an, nicht aber auf die Zahl der Normalkerzen.

Dass man den Helligkeitswechsel an einer unstät beleuchteten Wand unter den von Exner beschriebenen Umständen nicht bemerkt, liegt seiner Meinung nach „am Flackern“, während in den von mir angezogenen Fällen eine ganz andere Art des Ueberganges von einer Helligkeit zu der anderen stattfinden soll. Unter einer flackernden Beleuchtung versteht man eine unregelmässige und mit einer gewissen Geschwindigkeit auf- und abschwankende. Dass die Unregelmässigkeit hier nicht das Wesentliche ist, giebt Exner selbst zu, indem er bei seinem Versuche das Flackern durch ein regelmässiges Schwanken der Beleuchtung ersetzte.

Bleibt also nur der zeitliche Verlauf und die Wiederkehr der Schwankungen. Von jenen sehr schnell ablaufenden Schwankungen, bei welchen die Nachdauer der Erregung schon sehr wesentlich mit in Betracht kommt, können wir absehen, weil bei Exner's Versuchen die Beleuchtung nur zweimal in der Sekunde auf- und abschwankte und die Schwankungen eines offenen Heerdfeuers im Allgemeinen auch keine sehr schnellen sind. Da eine einzige negative Schwankung des Heerdfeuers in der Almhütte auch genügt hätte, um ein einmaliges Aufleuchten des Nachthimmels vorzutäuschen, und da man anderseits die von mir beschriebenen Erscheinungen beliebig oft wiederholen kann, so bleibt schliesslich im Wesentlichen nur noch die verschiedene Geschwindigkeit übrig, mit der die einzelne Schwankung in den verschiedenen Fällen abläuft. In der Mehrzahl der von mir beschriebenen Fälle war allerdings diese Geschwindigkeit kleiner, als beim eigentlichen Flackern einer Flamme. Nun ist aber von vorneherein anzunehmen, und lässt sich durch den Versuch leicht bestätigen, dass bis zu einer bestimmten, beim Flackern eines Heerdfeuers nicht erreichten Grenze mit der Geschwindigkeit die Merklichkeit der Schwankungen vielmehr zunimmt. Erst wenn die Geschwindigkeit derselben so gross wird, dass das Nachklingen der Erregung wesentlichen Einfluss gewinnt, nimmt die Merklichkeit wieder ab. Dazu würde beim Heerdfeuer ein explosionsartiges Aufleuchten oder ein ganz plötzliches Zusammenzucken gehören. Nicht also der raschere Ablauf der Schwankung, wie er beim Flackern stattfindet, sondern ein langsamerer begünstigt das scheinbare Gleichbleiben des Grundes, auf welches Exner jetzt einseitig das Hauptgewicht legt. Ueberdies ist sein Einwurf schon desshalb hinfällig, weil man in der Mehrzahl der von mir beschriebenen analogen Fälle die objective Helligkeitsänderung mit beliebiger Geschwindigkeit und das scheinbare Gleichbleiben des Grundes viel leichter herbeiführen kann, als bei einer flackernden Beleuchtung.

Untersuchungen der Unterschiedsempfindlichkeit für simultane Helligkeiten liegen zahlreich vor; die Unterschiedsempfindlichkeit für ausschliesslich successive Helligkeiten ist meines Wissens noch nicht untersucht worden. Eine solche Untersuchung erfordert eine variable aber gleichmässige Beleuchtung des ganzen Gesichtsfeldes, welche viel schwerer herzustellen ist als, wie bei Charpentier's Versuchen, die variable Beleuchtung eines be-

grenzten Feldes. Von vorneherein lässt sich sagen, dass hierbei die Grösse einer ebenmerklichen Helligkeitsänderung, sei sie auf- oder absteigend, abhängig sein wird 1) von der Intensität der Beleuchtung, 2) von der Art des Steigens oder Sinkens derselben, insbesondere also von der Geschwindigkeit desselben (Aubert forderte, dass die Intensitätsänderung eine plötzliche sei), 3) von dem Adaptationszustande des Auges[1]. Wenn die Schwankungen rhythmisch wiederkehrende sind, so wird 4) die Geschwindigkeit, mit welcher das Sinken dem Steigen und letzteres wieder dem ersteren folgt, von Einfluss sein. Ein allzurasch ablaufendes Auf- und Absteigen, welches bei obigem Versuche nicht in Betracht kommt, wird wie auf der rotirenden Scheibe ganz unmerklich, ein allzu langsames ebenfalls.

Endlich sei noch der Fall kurz erörtert, in welchem ein kleines, von einem constant beleuchteten Grunde umschlossenes Feld schwankend beleuchtet wird bei einer mittleren Helligkeit desselben, welche ungefähr gleich gross ist mit der constanten des Grundes. Nach der physiologischen Theorie ist hier die Schwankung des Erregungszustandes und der Empfindung eine grössere als wenn die ganze Fläche in derselben Weise schwankend beleuchtet wird. Denn wenn z. B. die objective Helligkeit des kleinen Feldes steigt, so wird jedes davon betroffene Einzeltheilchen der Netzhaut (des Sehorgans) nur von den verhältnissmässig wenigen gleichzeitig stärker beleuchteten Theilen im Sinne einer „Herabsetzung der Erregbarkeit" beeinflusst. Die Erregbarkeit wird also weniger herabgesetzt, als wenn jede Netzhautstelle von allen anderen im gleichen Sinne beeinflusst wird. Die der zunehmend beleuchteten Netzhautstelle unmittelbar benachbarten Stellen des Grundes werden gleichzeitig etwas minder hell erscheinen können als zuvor, weil hier die Erregbarkeit ebenfalls etwas herabgesetzt wird, und wenn dies auch nur in günstigen Fällen deutlich erkennbar ist, so muss es doch stets zur Merklichkeit der Schwankung der Beleuchtung einen Beitrag liefern. Durch den Versuch lässt sich leicht bestätigen, dass in der That unter den genannten Umständen schon solche objective Helligkeitsschwankungen merklich werden, welche auf einem grossen Felde noch unmerklich sind. —

Ich pflege seit vielen Jahren meinen Schülern die elementaren

---

1) Vergl. Aubert, Physiol. d. Netzhaut, S. 50.

Thatsachen des Contrastes u. A. an folgender Vorrichtung zu demonstriren: Ein kleiner Kasten wird mit der offnen Seite gegen das Fenster gerichtet. Seine nach oben liegende Wand ist beweglich und an der vom Fenster abgewandten Seite mittels eines Charniers befestigt; sie ist mit einem mattweissen Papiere überzogen und in der Mitte mit einem kreisrunden Loche versehen. Parallel zur Fensterfläche läuft durch die Mitte des Kastens ein von aussen drehbarer Stab, der eine ebene, mit mattweissem Papier überzogene Platte trägt. Durch Drehung des Stabes kann man der Platte eine beliebige Neigung zur Einfallsrichtung des Lichtes geben und also ihre Helligkeit innerhalb weiter Grenzen variiren. In ähnlicher Weise lässt sich die Helligkeit der oberen Fläche des Kastens durch verschiedene Neigung derselben variiren. Stellt man die beiden weissen Flächen so ein, dass das durch das Loch hindurch gesehene Weiss der unteren Fläche ebenso hell erscheint wie das der oberen und bewegt man nun die untere Fläche, während die obere in Ruhe bleibt, so sieht man die Helligkeitsänderung da, wo sie wirklich stattfindet d. h. auf dem durch das Loch sichtbaren Weiss; dreht man dagegen die obere Fläche etwas auf- oder abwärts, während die untere Fläche in Ruhe bleibt, so ändert das durch das Loch gesehene Weiss auffallend seine scheinbare Helligkeit, während das Weiss der oberen Fläche sich scheinbar gar nicht verändert, obwohl es sich mit der wirklichen Helligkeitsänderung umgekehrt verhält. Dies ist nun abermals in allen wesentlichen Beziehungen das von Exner beschriebene Phänomen.

Untersuchungen über den Fühlraum der Hand.

Erste Mittheilung: Gleiche Fühlstrecken.

Von

Dr. J. Loeb,

Assistent am physiologischen Institut in Würzburg.

Wenn wir uns unseren Körper starr und nur Hand und Arm vollkommen beweglich denken, so können wir den Inbegriff der Punkte, die wir mit der Spitze des Zeigefingers der Hand erreichen können, in Anlehnung an die Terminologie Hering's als Fühlraum der Hand bezeichnen. Einen einzelnen tastbaren Punkt dieses Fühlraumes nennen wir Fühlpunkt. Die gradlinige Entfernung zwischen zwei Fühlpunkten nennen wir Fühlstrecke. Durch die Medianebene wird der Fühlraum in zwei annähernd symmetrische Partien getheilt. Die Partie rechts von der Medianebene ist vorwiegend Fühlraum der rechten, die Partie links davon vorwiegend Fühlraum der linken Hand. Um uns im Fühlraum orientiren und etwaige besondere Eigenschaften desselben leicht darstellen zu können, wollen wir einen Punkt desselben besonders auszeichnen. Wir wählen dazu einen Punkt der Medianebene und zwar den äussersten, in welchem sich die Spitzen von Daumen und Zeigefinger beider Hände noch eben bequem berühren, wenn die Oberarme adducirt sind, die Ellenbogengelenke im rechten Winkel flektirt, die Volae manus der Medianebene zugekehrt sind, und das Handgelenk in Indifferenzstellung zwischen Dorsal- und Volarflexion sich befindet. Diesen Punkt nennen wir den Kernpunkt des Fühlraumes.

Nun lehrt die tägliche Erfahrung, dass bei allen Bewegungen, die wir im Fühlraum ausführen, wesentlich zwei Verrichtungen in Betracht kommen: die erste ist die Orientirung über Lage, Form und Grösse der Fühldinge und zweitens die Ergreifung und Bewältigung derselben. Berücksichtigen wir diese Erfahrung, so er-

gibt es sich von selbst, dass jeder Fühlpunkt in Bezug auf einen zweiten — der letztere soll der Einfachheit halber, wenn nicht das Gegentheil gesagt ist, immer der Kernpunkt sein — physiologisch unter zwei Gesichtspunkten in Betracht kommt: Erstens, welche Vorstellung über Richtung und Entfernung erwächst uns, wenn wir die Hand vom Kernpunkt zu einem anderen Punkte des Fühlraumes hinführen? Zweitens, welche Arbeit können wir mit Hand und Arm leisten bei der Bewegung der Hand vom Kernpunkte zu jenem Punkte?

In der physiologischen Litteratur ist dieser Gegenstand meines Wissens bisher selten behandelt. Man hat meist nur die Empfindungen an der Oberfläche der menschlichen Haut untersucht. Nur Hering, dem wir Beobachtungen über die Innervation unserer Arme verdanken, Bowditch und Southard, H. Hoffmann und endlich M. Blix haben Versuche mitgetheilt, die für uns in Betracht kommen.

In der ersten Mittheilung wollen wir über „gleiche Fühlstrecken" berichten. Die Definition des Begriffes „gleiche Fühlstrecken" ist natürlich keine andere als die uns gleich erscheinenden geradlinigen Abstände je zweier Punkte des Fühlraumes, wenn die Vorstellung der Grösse des Abstandes unter Ausschluss der Augen durch die Bewegung der Hand von einem Fühlpunkt zu einem anderen gebildet wird. Sind solche uns gleich erscheinende Fühlstrecken auch objectiv gleich, oder besteht zwischen ihnen eine für verschiedene Lage und Entstehung verschiedene Ungleichheit?

I. Gleich gross erscheinende Fühlstrecken, welche durch gleichzeitige symmetrische Bewegung beider Hände entstehen.

1. Zwischen zwei Stativen, die einen Abstand von 120 cm haben, ist ein dünner Bindfaden in horizontaler Lage ausgespannt. Er befindet sich eben so hoch über dem Fussboden wie der Kernpunkt des Fühlraumes der gerade zum Versuch dienenden Person. Die letztere nimmt eine solche Aufstellung, dass ihre Frontalebene dem Faden parallel ist, und dass ihr Kernpunkt gerade in die Mitte des Fadens fällt. Der Kernpunkt wird am Faden

durch Anheften einer kleinen Arterienklemme markirt. Die Versuchsperson fasst die Schnur im markirten Punkte mit Daumen und Zeigefinger beider Hände, so dass die rechte Hand rechts, die linke links neben der Klemme sich befindet. Es wird ihr nun der Auftrag gegeben, auf das Kommando „los“ bei geschlossenen Augen beide Hände gleichzeitig und mit gleicher Geschwindigkeit am Faden, der zwischen Daumen und Zeigefinger bleibt, nach aussen zu bewegen, so dass ihrem Urtheil nach in jedem Augenblick die Entfernung der beiden Hände von der Marke genau die gleiche sei. Auf das Kommando „Halt“ sollen die Finger an der gerade eingenommenen Stelle am Faden bleiben. Diese Stellen werden dann markirt und ihr Abstand von dem Kernpunkt gemessen. Die Frage ist: „Wie verhalten sich die Grössen der beiden Fühlstrecken?

Ich habe über diese Frage etwa 50 Versuchsreihen an ungefähr 30 Personen theils selber angestellt, theils durch Herrn Dr. M. Cremer im hiesigen Institut anstellen lassen. Die Versuchsperson erfuhr vor Abschluss der Versuche nichts über das Ergebniss. Um ihre Aufmerksamkeit rege zu halten, wurde ihr aufgetragen, jedesmal ein Urtheil darüber abzugeben, wie genau die Schätzung wohl ausgefallen sei. Die Geschwindigkeit der Bewegung wurde der Versuchsperson anheimgestellt; die Geschwindigkeit war thatsächlich eine sehr kleine, in dem Maasse meist kleiner, als die Versuchsperson ungeübt und ernstlich bestrebt war, möglichst Gleichheit der Fühlstrecken herbeizuführen. Sie war auch in den einzelnen Phasen der Bewegung nicht ganz die gleiche; Anfangs war sie geringer, dann grösser und zuletzt in der Erwartung des Kommando's wieder kleiner. — Mit derselben Versuchsperson wurde stets eine Reihe von je 5 Versuchen hintereinander angestellt. Ich will, ehe ich das Resultat mittheile, einige der Reihen beliebig herausgreifen[1]). Die Grösse der Fühlstrecken ist in Millimetern angegeben:

---

1) Die ausführliche Mittheilnng der Versuchsprotokolle findet der Leser in der Dissertation von Herrn Dr. M. Cremer: „Ueber das Schätzen von Distanzen bei Bewegung von Hand und Arm“. Würzburg 1887.

	Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
1. Herr D.		
	175	215
	135	210
	165	222
	95	140
	130	180
2. Herr Z.		
	200	230
	190	220
	290	320
	90	130
	150	185
3. Herr Dr. C.		
	195	225
	130	160
	215	270
	150	185
	175	215
4. Herr V.		
	130	170
	135	165
	180	205
	185	215
	205	225
5. Herr Dr. L.		
	320	280
	160	100
	225	170
	190	160
	285	215
6. Herr C. F.		
	193	149
	198	165
	131	100
	102	82
	223	199

Aehnlich fielen die übrigen Versuche aus; zwar nicht alle mit der gleichen Constanz im einzelnen Resultat — es waren auch nicht alle Versuchspersonen gleich fähig, ihre Aufmerksamkeit zu einer genauen Schätzung ausreichend zu concentriren — aber doch alle mit einer unverkennbaren und unzweideutigen Ueberschätzung einer der beiden Fühlstrecken.

In Worte gekleidet, ist das Ergebniss der Versuche also das: Gleiche Fühlstreken, welche durch gleichzeitige symmetrische Bewegung beider Hände vom Kernpunkte horizontal nach aussen entstehen, zeigen eine dem Sinne nach bei jeder einzelnen Person in allen Versuchen constante Differenz der absoluten Grösse. Bei der einen Person war stets die mit der rechten, bei der anderen stets die mit der linken Hand zurückgelegte Strecke grösser. Die Differenz betrug $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ der absoluten Grösse der Fühlstrecke. Die Differenz war meist relativ, oft sogar absolut grösser für Fühlstrecken bis zu etwa 150—200 mm vom Kernpunkt, dagegen kleiner für Fühlstrecken von 150—200 mm an und darüber. Die ersteren Fühlstrecken gehören dem unmittelbar vor unserem Körper gelegenen Theil des Fühlraums, dem gemeinsamen Fühlraum beider Hände an.

2) Bei den erwähnten Versuchen war dem Experimentator eine gewisse Willkür und Beeinflussung der Versuche durch das Kommando „Halt“ eingeräumt. Es wurde deshalb neben jenen Versuchen eine Modifikation der Methode in Anwendung gebracht. Die Versuchsperson stand wieder in derselben Stellung wie früher mit geschlossenen Augen vor dem gespannten Faden und hielt ebenfalls wieder den Faden mit Daumen und Zeigefinger in dem markirten Kernpunkte. Es wurde nun seitlich von dem Kernpunkte in einem der Versuchsperson unbekannten Abstande eine zweite Klemme am Faden befestigt, die wir als Grenzmarke bezeichnen wollen. Dann wurde der Versuchsperson aufgetragen, auf Kommando beide Hände gleichzeitig und mit gleicher Geschwindigkeit vom Kernpunkt nach aussen zu bewegen. Es sollte auch jetzt wieder nach ihrem Urtheil der Abstand beider Hände von dem Kernpunkt in jedem Augenblick der gleiche sein. In dem Augenblick aber, in welchem die eine Hand die Grenzmarke erreicht habe, sollte sofort die Bewegung beider Hände aufhören. Der Person wurde vorher gesagt, auf welcher Seite sie die

Grenzmarke treffen würde. Bei diesen Versuchen, über die ein noch reichlicheres Beobachtungsmaterial vorliegt, als über die zuerst erwähnten, ergab sich derselbe typische constante Unterschied der beiden Fühlstrecken, den wir vorhin schon constatirt hatten. Es war bei derselben Person die Fühlstrecke stets ein und derselben Hand grösser als die der anderen Hand. — Im Allgemeinen war es gleichgültig, auf welcher Seite die Grenzmarke sich befand. Bei einzelnen Personen dagegen konnte man constatiren, dass der typische Unterschied der beiden Fühlstrecken zwar nicht dadurch verwischt wurde, dass die Grenzmarke einmal rechts und einmal links sich befand; wohl aber dass die Grösse dieses Unterschiedes dadurch beeinflusst wurde. Solche Versuchspersonen pflegten die Hand, deren Bewegung, wie ihnen bekannt war, am Ziele ohne Willensact lediglich durch die im Wege stehende Grenzmarke gehemmt werden musste, freier und etwas rascher zu bewegen, als die andere.

Ich will einige Versuchsreihen mittheilen, die zum Theil von derselben Person herrühren, die wir schon erwähnt haben.

Es wurden jetzt immer 10 Versuche hintereinander an derselben Person angestellt; in fünf derselben war die Grenzmarke rechts, in fünf links von dem Kernpunkt.

Herr D.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke links:	
220	350
150	215
200	255
135	185
125	165
Marke rechts:	
135	180
105	150
120	170
150	220
165	235

Herr Z.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke rechts:	
100	130
180	230
260	320
110	150
170	235

Herr Z.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke links:	
200	250
280	330
140	190
170	230
160	230

Herr Dr. C.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke rechts:	
180	195
250	260
85	100
157	170
230	260
Grenzmarke links:	
210	208
230	250
215	240
110	180
105	120

Herr Prof. Dr. F.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke rechts:	
85	65
115	100
170	150
130	115
110	115

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke links:	
150	135
110	105
120	98
88	68
70	68

3. Es war auffallend, dass bei den Rechtshändern, die nicht Handwerker waren, meist die rechte Fühlstrecke kleiner ausfiel als die linke; bei drei Linksern war es umgekehrt. Bei Leuten, die mit der rechten Hand schwere Arbeit verrichten, war gewöhnlich die rechte Fühlstrecke grösser. Es musste nun die Frage aufgeworfen werden, ob vielleicht die geschilderte für jede Person dem Sinne nach constante Ungleichheit der Fühlstrecken darauf beruhe, dass die willkürliche Bewegung des einen Armes mehr Mühe mache, als die Bewegung des anderen.

Um darüber ein Urtheil zu gewinnen, wurden nicht wie bei den bisherigen Versuchen, die beiden Hände von der Versuchsperson spontan bewegt, sondern die eine Hand wurde vom Experimentator passiv, vom Kernpunkte an eine gewisse Strecke nach aussen geführt. Die Versuchsperson sollte dann gleichzeitig, mit der gleichen Geschwindigkeit, die andere Hand spontan ebenfalls vom Kernpunkte nach aussen führen. In dem Augenblicke, in welchem der Experimentator mit der Bewegung der von ihm geführten Hand aufhörte, sollte auch die Versuchsperson die Bewegung der anderen Hand einstellen. Dabei war natürlich wie in den früheren Versuchen von der Versuchsperson der Faden auch wieder zwischen Daumen und Zeigefinger gefasst. Man hätte erwarten sollen, dass etwa die passive, weil mit geringerer Anstrengung zurückgelegte Fühlstrecke, die active an Grösse übertrifft. Es ergab sich aber mit wenig Ausnahmen, dass auch bei diesen Versuchen immer wieder diejenige Hand in der Grösse der zurückgelegten Strecke hinter der anderen zurückblieb, die auch bei den früheren Versuchsanordnungen zurückgeblieben war. Die Asymmetrie fiel fast ohne Ausnahme in demselben Sinne aus, gleichviel ob die rechte Hand activ und die linke passiv oder umgekehrt bewegt wurde.

Ich wähle als Beispiele wieder die schon erwähnten Versuchspersonen.

Herr Dr. C.

Linke Fühlstrecke. Activ.	Rechte Fühlstrecke. Passiv.
210	210
150	215
180	220
110	150
130	180

Herr Dr. C.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Passiv.	Activ.
190	230
190	215
80	110
280	305
180	215

Herr D.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Activ.	Passiv.
190	220
150	200
140	215
80	150
110	190
Passiv.	Activ.
210	250
220	230
120	130
190	210
195	245

Wenn auch die Qualität der Erscheinung nicht dadurch geändert wurde, wenn die eine Hand passiv, die andere activ bewegt wurde: auf die Grösse der Asymmetrie hatte dieser Umstand doch meistens einen Einfluss. Die Fühlstrecke der passiv bewegten Hand fiel meist relativ grösser aus als wenn ceteribus paribus dieselbe Hand activ bewegt wurde. Bei wenigen Personen verschwand die Asymmetrie gegenüber dem Einflusse der passiven Bewegung. — Der Grund dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, dass die Versuchsperson aus Furcht, sie möchte mit den activ bewegten Arm zu weit und über das Ziel hinausfahren, denselben fortwährend etwas in seiner Bewegung hemmt.

4. Ich habe nur über Versuche berichtet, die angestellt wurden an Versuchspersonen, die das Resultat nicht kannten und dasselbe während der Versuche auch nicht erfuhren. Machte man dagegen die Versuchspersonen auf ihren Fehler aufmerksam und hiess man sie den Fehler zu vermeiden, so wurde im ersten Versuch der Fehler gewöhnlich doch wieder gemacht. Dann aber bei Wiederholung begann die Versuchsperson nun mit Absicht bei der

zu klein ausfallenden Fühlstrecke ein Stück über das ihr richtig erscheinende Maass hinauszugehen und nun wurde natürlich der Fehler verwischt. Allein der Einfluss der Uebung hielt doch nicht lange vor. Eine Versuchsperson hatte es durch fortgesetzte Uebung dahin gebracht, dass der typische Unterschied nicht mehr zu erkennen war. Als nach Unterbrechung von drei Wochen die Versuche mit der Person wieder aufgenommen wurden, und sie sich bemühte, gleiche Strecken abzuschätzen, trat der Fehler gerade so stark und constant wie vor der Uebung wieder zu Tage. — Monatelang fortgesetzte Versuche an einer Person, die das Resultat nicht erfuhr, und an einer anderen, die es zwar erfahren hatte, die aber dadurch nicht beeinflusst wurde, zeigten, dass jene typische Asymmetrie auch dauernd ist und bei derselben erwachsenen Person sich nicht ändert. — Dass die Unaufmerksamkeit bei derartigen Grössenschätzungen zu Flüchtigkeitsfehlern führt, die das Resultat bald in diesem, bald in jenem Sinne beeinflussen, versteht sich von selbst. — Bei Kranken mit einseitiger Affection des Centralnervensystems, die in der Behandlung des Herrn Professor Rieger sich befinden, ergab sich eine ganz enorme, bei derselben Person constante, Differenz der beiden Fühlstrecken. Es scheint, dass der Sinn der Asymmetrie von der Natur der Affection abhängig ist.

II. Gleich erscheinende Fühlstrecken, welche durch gleichzeitige gleichgerichtete Bewegung beider Hände entstehen.

Die Anordnung der Versuche ist dieselbe wie vorher. Die Versuchsperson steht wieder so vor dem Faden, dass derselbe ihre Medianebene im Kernpunkt unter einem rechten Winkel schneidet. Dagegen ist der Ausgangspunkt der Fühlstrecken diesmal nicht der Kernpunkt, sondern je ein durch eine kleine Klemme markirter Punkt 200 mm nach rechts und links vom Kernpunkte. Dieser Abstand entspricht beim Erwachsenen etwa der Entfernung des adducirten Armes von der Medianebene; die linke Hand der Versuchsperson liegt an der linken, die rechte Hand an der rechten Marke. Der Faden ist wieder mit Daumen und Zeigefinger gefasst. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht darin, gleichzeitig auf Kommando beide Hände nach derselben Richtung entweder nach rechts oder nach links bei geschlossenen Augen mit gleicher Geschwindig-

keit zu bewegen. Die Bewegung soll wieder so erfolgen, dass nach dem Urtheil der Versuchsperson der Abstand beider Hände vom Ausgangspunkt in jedem gegebenen Augenblick gleich ist. Die Bewegung soll sistiren, sobald die eine der beiden Hände an der vom Experimentator angesteckten Grenzmarke anlangt. Der Versuchsperson wurde gesagt, auf welcher Seite sie die Grenzmarke treffen würde. Der Abstand derselben war ihr aber unbekannt.

Bei diesen Versuchen wurde demnach eine Fühlstrecke in der Richtung von der Axillarlinie gegen die Medianebene verglichen mit einer solchen von der Axillarlinie nach aussen. Dabei zeigte es sich, dass die mediale Fühlstrecke unter allen Umständen erheblich grösser war als die laterale.

Ich führe einige Beispiele ausführlich an, um dem Leser ein Bild von der Constanz der Erscheinung zu geben. Die Fühlstrecke von der Axillarlinie gegen die Medianebene will ich als die mediale, die von der Axillarlinie nach auswärts gelegene als die laterale bezeichnen.

Herr Prof. Dr. F.

Linke Hand.	Rechte Hand.
Laterale Fühlstrecke:	Mediale Fühlstrecke:
185	300
170	200
180	210
165	220
175	240
Mediale Fühlstrecke:	Laterale Fühlstrecke:
185	150
250	200
215	150
120	65
190	130

Ein zweites Beispiel führe ich an, um zu zeigen, dass es auch für die Qualität der Erscheinung gleichgiltig war, ob die Grenzmarke lateral oder medial von der Axillarlinie lag.

Herr D.

Linke Hand.	Rechte Hand.
Mediale Fühlstrecke.	Laterale Fühlstrecke.
(Grenzmarke lateral.)	(Grenzmarke lateral.)
235	190
240	180
120	95
195	205
175	140
Laterale Fühlstrecke.	Mediale Fühlstrecke.
170	270
150	220
210	295
100	190
160	250
Laterale Fühlstrecke.	Mediale Fühlstrecke.
(Grenzmarke medial.)	(Grenzmarke medial.)
130	140
110	140
160	175
125	135
110	140
Mediale Fühlstrecke.	Laterale Fühlstrecke.
180	135
150	140
190	170
225	190
230	190

Unmittelbar nach Beendigung dieser Versuchsreihe stellte ich mit Herrn D. wieder Versuche von der Art an, wie sie im ersten Kapitel beschrieben sind; dabei stellte sich wieder die dieser Versuchsperson eigenthümliche Unterschätzung der rechten Fühlstrecke heraus.

Linke Fühlstrecke.	Rechte Fühlstrecke.
Marke links:	
145	190
200	270
110	155
210	280
130	200

Es haben also die im ersten Kapitel beschriebenen Erscheinungen mit den hier beschriebenen keinen unmittelbaren Zusammenhang. — Die Unterschätzung der medialen Fühlstrecke ist evident, wenn sie bloss bis zur Medianebene reicht; sie wird geringer und kann schliesslich ganz aufhören, wenn die Hand über die Medianebene hinaus in den Fühlraum der anderen Hand geführt wird.

III. Gleich erscheinende Fühlstrecken bei successiver Bewegung ein und derselben Hand.

Bisher war nur vom Vergleich zweier Fühlstrecken die Rede, von denen die eine mit der linken, die andere mit der rechten Hand zurückgelegt war. Es fragt sich nun, wie verhalten sich gleich erscheinende Fühlstrecken in den verschiedenen Theilen oder wenn sie nacheinander durch Bewegung ein und derselben Hand geschätzt werden?

Die Versuchsperson stehe wieder in der geschilderten Weise vor dem horizontal gespannten Faden. Eine Fühlstrecke sei durch zwei Klemmen markirt. Wir wollen diese Strecke die gegebene Fühlstrecke nennen. Die Versuchsperson soll die Hand über die Fühlstrecke hinführen, sich dadurch eine Vorstellung von der Grösse derselben bilden und eine gleich grosse Strecke von einem verabredeten und markirten Punkte nach einer verabredeten Richtung am Faden durch Bewegung der Hand abtragen. Diese letztere Strecke, die nach der Vorstellung der Versuchsperson der gegebenen Strecke gleich ist, wollen wir die reproducirte Strecke nennen.

Die Ergebnisse sind nunmehr total andere als die in den beiden ersten Kapiteln besprochenen. Anstatt des dort gefundenen typischen Unterschiedes je nach Lage und Richtung der Fühlstrecken zeigt sich hier ein Resultat, das fast unabhängig von der Lage der Fühlstrecken in der Horizontalen des Kernpunktes ist: Bei ein und derselben Versuchsperson fällt bei successiver Schätzung die reproducirte Fühlstrecke fast unter allen Umständen grösser aus als die gegebene oder umgekehrt.

Erst in zweiter Linie kommt der Einfluss der Lage der Fühlstrecke und der Richtung der Bewegung zum Ausdruck.

Es wurden entsprechend den Versuchen beider voraufgegangenen Kapitel in Betracht gezogen und verglichen, erstens symmetrisch zum Kernpunkt liegende Fühlstrecken und zweitens mediale und laterale Fühlstrecken. Mit einiger Sicherheit lässt sich über diese Versuche nur folgendes aussagen. Die Schätzung geschehe mit der rechten Hand. Die gegebene und die reproducirte Strecke liegen symmetrisch zum Kernpunkt. Alsdann ist die reproducirte Strecke, wenn sie rechts von der Medianebene liegt grösser, als wenn sie links von derselben liegt. Bei Schätzung mit der linken Hand ist es umgekehrt. Erscheinen also bei Bewegung ein und derselben Hand gegebene und reproducirte Strecke gleich gross und liegen die Strecken symmetrisch rechts und links vom Kernpunkt, so ist die reproducirte Strecke meist grösser, wenn sie auf der gleichen Seite mit der Hand, meist kleiner, wenn sie in der anderen Hälfte des Fühlraums liegt.

In den anderen Versuchsreihen lagen beide Fühlstrecken in derselben der bewegten Hand entsprechenden Hälfte des Fühlraumes, die eine Fühlstrecke aber nahe der Medianebene die andere mehr lateralwärts, jedoch noch nicht an der äussersten seitlichen Grenze des Fühlraumes. In solchen Fällen ist die reproducirte laterale Fühlstrecke meist grösser als die reproducirte mediale Fühlstrecke. Dieses Verhalten ist demjenigen gerade entgegengesetzt, welches wir im vorigen Kapitel zwischen der medialen und lateralen Fühlstrecke constatirten, wenn beide durch gleichzeitige Bewegung beider Hände entstanden. Ich werde später noch einmal Gelegenheit haben, auf diesen Umstand zurückzukommen.

IV. Wie gelangen wir zu der Vorstellung gleicher Fühlstrecken.

1) Wenn man einer Person, welche die Augen geschlossen hat, einen spitzen Stab über die flache Hand hinführt, so kann man bemerken, dass die berührte Strecke für kleiner gehalten wird,

wenn man die Spitze rasch, für grösser, wenn man die Spitze langsam bewegt. Diese Beobachtung ist von Vierordt[1]) gemacht. Ich liess von der Versuchsperson mit geschlossenen Augen die Grösse der auf ihrer Hand berührten Strecke auf einem Blatt Papier nachzeichnen. Dabei fand ich in einem Theil der Fälle die Angabe Vierordt's bestätigt. Es war dabei aber mitunter auch zu beobachten, dass die Versuchsperson bemüht war, nicht nur die Grösse der berührten Strecke, sondern auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Stab geführt wurde, zu reproduciren. Wenn man nämlich die Spitze des Stabes zuerst langsam, dann plötzlich mit einem Male rasch bewegte, so verfuhr die Versuchsperson genau so. Allein ich fand auch Personen, bei welchen die Urtheilstäuschung bei Aenderung der Geschwindigkeit überhaupt nicht oder plötzlich nicht mehr zu Stande kam. Diese Personen reproducirten nicht den Vorgang auf ihrer Hand, sondern zeichneten unbeirrt durch die Geschwindigkeit, mit welcher der Stab über die Hand geführt war, relativ richtig immer mit derselben Geschwindigkeit die Grösse der berührten Strecke. Sie bildeten die Vorstellung von der Grösse derselben, indem sie überlegten, welche Theile der Hand berührt waren; die ihnen geläufige Vorstellung von der Grösse dieser Theile war maassgebend für die Grösse der reproducirten Strecke.

In den Versuchen, von welchen in dieser Abhandlung die Rede war, kamen die Spitzen von Daumen und Zeigefinger immer mit neuen Theilen eines Fadens in Berührung. — Ich nahm einen dünnen ca. 50 cm langen Faden von geringer Rauhigkeit. Ich hielt denselben an einem Ende zwischen Daumen und Zeigefinger und liess die Versuchsperson den Faden ebenfalls mit Daumen und Zeigefinger dicht neben der von mir gefassten Stelle anfassen. Die Versuchsperson, welche die Länge des Fadens nicht kannte, schloss die Augen und nun zog ich ihr den Faden der Länge nach zwischen Daumen und Zeigefinger durch. Wenn ich nun das eine Mal dieselbe Strecke des Fadens langsam, das nächste Mal aber rasch durchzog, so wurde der Faden bei der grösseren Geschwindigkeit der Bewegung für kürzer, bei geringerer Geschwindigkeit für länger gehalten; und wenn ich nun den Unter-

1) Vierordt, Der Zeitsinn.

schied der Geschwindigkeit das eine Mal vielfach grösser machte als das andere Mal, so konnte ich es erreichen, dass der Fehler im angegeben Sinne 100% der absoluten Grösse des Fadens betrug. Es ist evident: die Schätzung linearer Grössen bei diesen Versuchen erfolgte wesentlich auf Grund der Zeitempfindung und weniger oder überhaupt nicht auf Grund der Empfindung der Geschwindigkeit der Bewegung. Der Verschiedenheit der Dauer der Bewegung entsprach unmittelbar das Urtheil über die relative Länge des Fadens.

Einen unmittelbaren Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Geschwindigkeit der Bewegung eines Fadens, der durch die Finger gezogen wird, bietet die Reibung des Fadens an den Fingern. Ich verglich einen alten Leitungsdraht, dessen Umspinnung uneben geworden war, mit einem ziemlich glatten Faden von etwas geringerer Dicke, aber gleicher Länge. Zog ich Faden und Draht mit gleicher Geschwindigkeit durch — soweit dies ohne Präcisionsapparat möglich war — so wurde der Draht für grösser gehalten. Sollte der Faden mit dem Draht gleich gross erscheinen, so musste ich den Draht merklich rascher durchziehen als den Faden. Ist also ein sehr auffallender Unterschied der Reibung vorhanden, so berücksichtigt das Urtheil ausser der Zeit auch die Reibung. Die grössere Rauhigkeit lässt dann den Faden länger erscheinen[1]. Allein bei relativ glatten Fäden von gleicher Beschaffenheit wird von Ungeübten und Unbefangenen die Reibung vernachlässigt und wesentlich nur die Zeit als Maassstab benutzt.

2. Bei diesen Versuchen war der Arm und die Hand in Ruhe; wie aber entsteht die Vorstellung gleicher Fühlstrecken, wenn der Faden in Ruhe ist und die Hand am Faden hinbewegt wird? Die Willensthätigkeit und die Wahrnehmung der Verschiedenheit in der Stellung des Armes treten dann als neue Momente hinzu.

Wir beginnen mit den im ersten Kapitel beschriebenen Erscheinungen. Unter dem Einflusse desselben Willensimpulses bei gleicher Dauer der Bewegung werden beide Fühlstrecken für gleich gehalten, obwohl

---

1) Dieser Versuch scheint mir ein Analogon des Hering-Kundt'schen Versuchs zu sein, wonach der Abstand zweier Sehdinge scheinbar grösser wird, wenn man andere Sehdinge zwischen dieselben einschiebt.

die eine Hand constant in der Grösse ihrer Bewegung zurückbleibt. Offenbar ist in diesen Versuchen die eine Hand schneller bewegt als die andere; dieser Umstand kann auf dreierlei Dingen beruhen: entweder wird auf denselben Willensimpuls dem einen Arm eine grössere Geschwindigkeit ertheilt als dem anderen, oder die Empfindung der Reibung ist in Daumen und Zeigefinger der einen Hand feiner als in der anderen, oder endlich die Empfindung der Lage unserer Extremitäten ist mit einer Asymmetrie behaftet. Zwei einfache Versuche erlaubten zwischen den drei Momenten zu entscheiden. Wenn wir die beiden Hände zwar symmetrisch aber nicht auf einen einzigen Willensimpuls bewegen, sondern zuerst mit der einen Hand die gegebene Strecke durchmessen, und dann erst nach gewonnener Vorstellung von der Grösse der gegebenen Fühlstrecke dieselbe mit der anderen Hand reproduciren, so fehlt der typische und sonst so constante Unterschied. Ich beobachtete in solchen Fällen die Erscheinung, dass die reproducirte Strecke stets überschätzt oder unterschätzt wurde; gerade wie in den Versuchen des dritten Kapitels, als die gegebene und reproducirte Strecke nacheinander durch dieselbe Hand verglichen wurden. Aus diesem Versuch aber geht hervor, dass auf einer Ungleichheit in der Empfindung der Lage beider Arme jene constante Asymmetrie nicht beruht, sonst hätte ja bei successiver Bewegung so gut wie bei simultaner die Asymmetrie weiter bestehen müssen. Ferner, wenn man beide Hände simultan aber übers Kreuz bewegt, so fehlt der Unterschied auch. Es kann also jene typische Asymmetrie der Bewegung beider Hände auch nicht auf einer Differenz der Sensibilität beruhen (die übrigens sehr wohl vorhanden sein kann). Die Asymmetrie kann vielmehr nur darin ihren Grund haben, dass derselbe Willensimpuls bei gleichzeitiger symmetrischer Bewegung beider Hände der einen Hand eine grössere Geschwindigkeit ertheilt als der andern. Nichtsdestoweniger bestand die Vorstellung gleicher Fühlstrecken. Zur Bildung dieser Vorstellung genügt also, dass die Dauer der Bewegung und der Impuls für beide Hände identisch ist — das andere wird vom Bewusstsein des Ungeübten vernachlässigt. Allein auch die Stellung der Arme im Fühlraum wird unter Umständen berücksichtigt: einmal wenn es sich um gewisse ausgezeichnete Stellungen handelt, z. B. wenn die durch Vorderarm und Oberarm gelegte Ebene der Medianebene parallel ist. Alsdann ist die Dif-

ferenz der für gleich gehaltenen Fühlstrecken oft geringer als für die unmittelbar vorangehenden oder nachfolgenden Stellungen. Ferner aber wird die Stellung von Einfluss, wenn man die Versuchsperson auf diesen Umstand besonders aufmerksam macht, und sie sich auf Benutzung desselben einübt.

Bei der in Kapitel II geschilderten Erscheinung ist ebenfalls die Dauer der Bewegung dieselbe, und ebenfalls sind die für gleich gehaltenen Fühlstrecken typisch verschieden; auch hier kann die Verschiedenheit der Geschwindigkeit nicht auf einer constanten Differenz der Sensibilität beider Hände beruhen; denn es ist stets die mediale Fühlstrecke grösser, gleichviel ob die rechte oder die linke Hand die mediale Fühlstrecke zurücklegt. Auch hier handelt es sich darum, dass auf denselben Willensimpuls der medialswärts bewegten Hand eine grössere Geschwindigkeit ertheilt wird als der lateralwärts bewegten. Auch hier begnügt sich das Bewusstsein mit der Thatsache, dass Impuls und Dauer der Bewegung identisch sind — ergo sind auch die Fühlstrecken gleich. Dass demselben Impuls eine Verschiedenheit der Ausführung entspricht, dringt zunächst nicht in's Bewusstsein.

Bei den Versuchen des III. Kapitels handelte es sich darum, dass eine gegebene Strecke am horizontal gespannten Faden durch Bewegung einer Hand geschätzt und an einem anderen Theil des Fadens durch dieselbe Hand reproducirt werden sollte. Dem Belieben der Versuchsperson war es überlassen, in welchem Tempo und in welcher Weise sie die Bewegung ausführen wollte. Die intelligenteren Versuchspersonen kamen aber bald darauf, dass sie sich viel sicherer fühlten, wenn sie bei der Ausmessung der gegebenen Strecke in regelmässigen Zeitintervallen zählten, sich die Zahlen merkten und nun in der gleichen Weise und ebenso weit zählend die gegebene Strecke reproducirten. Andere durchmassen die Strecke nicht in stetiger Bewegung, sondern diskontinuirlich, indem sie immer nur um ein kleines Stück weiter rückten und die Zahl dieser Theilstrecken sich merkten. Bei der Reproduction wurde dann die gleiche Zahl von Theilstrecken wieder hervorgebracht. Alle Versuchspersonen hatten dabei das Gefühl, dass die Schätzung genauer ausfalle, als wenn sie nicht zählten. Thatsächlich aber wurde die absolute Genauigkeit nicht immer grösser, sondern der Fehler wurde nur constanter. Es ist offenbar, dass bei diesen Versuchen die Vorstellung gleicher Fühlstrecken au

der Vorstellung gleicher Zeitempfindung beruhte; denn die Zuhülfenahme der Zahlenreihe ist in diesen Fällen nichts anderes als ein Markirungsverfahren, durch welches die physiologischen Elemente einer grösseren Spanne Zeit für das Bewusstsein einzeln unterscheidbar und darum mit grösserer Sicherheit summirbar gemacht werden.

Bei diesen Versuchen liess es sich aber auch direkt durch Messung bestimmen, dass, so ungleich die Strecken auch sein mochten, welche die Versuchsperson gleich machen wollte und für gleich hielt — ein Moment wirklich angenähert gleich war: die Dauer der Bewegung zur Durchmessung der gegebenen und reproducirten Strecke.

Ich will eine Versuchsreihe hier anführen. Die einzelnen Zeitbestimmungen sind bis auf eine halbe Sekunde genau.

Länge der gegebenen Strecken.	Dauer der Bewegung.	Länge der reproducirten Strecken.	Dauer der Bewegung.
Medial.		Lateral.	
175	7"	235	7"
175	8"	220	7"
175	8"	195	8"
175	9"	220	9"
175	10"	240	9"
Lateral.		Medial.	
220	10"	263	11"
220	9"	205	10"
220	10"	200	10"
220	11"	240	10,5"
220	11"	240	10,5"
Medial.		Lateral.	
195	10"	230	9"
130	9"	200	8"
125	7"	180	6"
110	6"	175	5"
95	5"	120	5"

Es correspondirt also thatsächlich der Vorstellung, dass 2 Fühlstrecken gleich seien ein gleicher Willensimpuls und fast gleiche Dauer der Bewegung. Dass die Geschwindigkeit der Bewegung und die Lage der Arme ungleich ist wird vom Ungeübten übersehen.

Wie kommt es, dass von zwei gleich erscheinenden Fühlstrecken, die bei successiver Bewegung erzeugt werden, die reproducirte Strecke bei manchen Personen kleiner ausfällt als die gegebene, bei manchen aber auch constant grösser? Das hängt, wie mir scheint, mit der Aufmerksamkeit zusammen. Die Antagonisten der Arme gerathen in eine etwas höhere Spannung, wenn die Hand präcise Bewegungen ausführen soll, wenn also die Aufmerksamkeit in besonderem Grade diesen Bewegungen sich zuwendet. Infolge dieser Spannungszunahme wird die Bewegung bei dem gleichen Impuls langsamer — und das war bei den Versuchen direkt zu beobachten. Manche Personen verwendeten nun auf die Reproduction, andere auf die Ausmessung der gegebenen Strecke eine grössere Aufmerksamkeit. Entsprechend wurde bei jenen die reproducirte Strecke kleiner, bei diesen grösser als die gegebene. Die Verschiedenheit in der Geschwindigkeit der Bewegung wird auch dabei wieder übersehen.

So ergibt sich denn die Thatsache, dass die Empfindung der Dauer der Bewegung für Ungeübte und Unbefangene die wesentliche Grundlage ist, auf der die Vorstellung gleicher Fühlstrecken entsteht, vorausgesetzt, dass der Faden gleichmässig glatt ist. Die Empfindung der Geschwindigkeit dagegen wird vom Ungeübten weniger berücksichtigt: Wo der Wille mitwirkt, gibt der gleiche Willensimpuls auch die Vorstellung gleicher Geschwindigkeit. Dagegen können auch andere Anhaltspunkte z. B. die Reibung, die Stellung der Glieder etc. als Hilfsmittel für die Bildung der Vorstellung gleicher Fühlstrecken benutzt werden. Das geschieht regelmässig, wenn beispielsweise die Unterschiede der Reibung beim Vergleich sehr auffallend sind. Das kann aber auch bei gleicher Beschaffenheit der Fäden dadurch erreicht werden, dass die Aufmerksamkeit der Versuchsperson auf diesen Umstand gerichtet ist oder darauf hingelenkt wird. Dass aber unter allen Hülfsmitteln, welche in diesen Versuchen sich bieten, die Zeitempfindung so sehr

bevorzugt wird, das hat darin seinen Grund, dass sie das bequemste und zugleich, wie bekannt, das präciseste ist.

Mit der Erledigung der Frage, wie wir zur Vorstellung gleicher Fühlstrecken gelangen, ist aber auch die Frage erledigt, wie wir überhaupt uns eine Vorstellung von der Grösse einer Fühlstrecke bilden; denn jede Grössenschätzung ist nur ein Vergleich.

Die Bedeutung der Nase und der ersten Athmungswege für die Respiration.

Von

Dr. **Richard Kayser,** pract. Arzt in Breslau.

Hierzu Tafel I.

In den letzten Jahren ist von Seiten der Aerzte der Nase eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Eine Reihe sogenannter nervöser Erkrankungen, speciell Asthma, Migräne u. s. w. schien von der Nase auszugehen und es bot sich Gelegenheit anscheinend durch therapeutische Eingriffe innerhalb der Nase zahlreiche mehr oder minder unheilbare Leiden zu beseitigen. Allerdings hat sich bereits eine gewisse Reaction gegen den Anfangs von mancher Seite übertriebenen Enthusiasmus erhoben, jedenfalls ist aber die bisher vielleicht etwas vernachlässigte anatomische und physiologische Untersuchung der Nase auf's lebhafteste angeregt worden. In Bezug auf die physiologischen Leistungen letzterer verdient eine Arbeit von Aschenbrandt[1]) aus

---

1) Die Bedeutung der Nase für die Athmung von Dr. Theodor Aschenbrandt, Würzburg 1886.

dem Würzburger physiologischen Institut besondere Beachtung. Gegenüber den theils widerspruchsvollen, theils auf blosse Deduction gegründeten Angaben der Autoren unternimmt es Aschenbrandt mittelst einer sehr zweckmässigen Methode direkt durch das Experiment den Einfluss der Nase auf den Chemismus der Athmung zu untersuchen, festzustellen, in wie weit die bei der Inspiration durch die Nase streichende Luft innerhalb derselben eine Veränderung in Bezug auf Temperatur und Wassergehalt erfährt.

A. kommt zu folgenden Resultaten:

1. „Die eingeathmete Luft wird auf ihrem Wege durch die Nase allein auf über 30° C. erwärmt. Ob die inspirirte Luft etwas wärmer oder kälter eingeathmet wird, ist innerhalb normaler Verhältnisse von keinem wesentlichen Einfluss.

2. Die Annahme einer Reihe von Autoren, die Wasserabgabe der Lunge an die eingeathmete Luft sei eine bedeutende, ist irrthümlich. Die Luft wird in der Nase schon ihrer Temperatur entsprechend bis zu ihrer absoluten Feuchtigkeit gesättigt."

A. erblickt insbesondere in dem zweiten Resultate den Beweis, von „wie bedeutendem Nutzem die Naseninspiration und ein wie wichtiger Schutzapparat dieselbe für die Lunge ist." Der Nase komme daher „eine hohe Bedeutung für die vitalen Vorgänge zu." „Durch die Mundathmung und Pharyngealoberfläche kann in keiner Weise für den Organismus das geleistet werden, was in dieser Beziehung die Nase demselben für Nutzen bietet."

Diese Schlussfolgerungen, die natürlich auf den Praktiker und insbesondere auf den Nasenspezialisten einen bedeutenden Eindruck machen müssen, sind es nun, welche ich nicht für genügend begründet halte und an deren experimentelle Prüfung ich mich machte. —

Zugegeben, die Luft werde bei der Nasenathmung auf ihrem Wege durch die Nase auf 30° C. erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, so folgt daraus nichts weiter, als dass die Nase die Fähigkeit besitzt, die sie durchziehende Luft in der angegebenen Weise zu verändern. Es muss aber erst experimentell bewiesen werden, dass bei der Mundathmung die durch Mund und Pharynx streichende Luft nicht in gleicher oder in viel geringerer Weise verändert wird, ehe man der Nasenathmung eine „vitale Bedeutung" zuschreiben kann.

Es ist weiter erst zu untersuchen, was in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Inspirationsluft die Trachea und Bronchien zu leisten vermögen, ehe von einem Schutz für die Lunge gesprochen werden kann.

I. Erwärmung der Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Für die zu diesem Zwecke unternommenen Experimente, die im Wesentlichen eine Wiederholung der A.'schen Versuche darstellen, habe ich mich mit geringen Modificationen der von A. angegebenen, sehr bequemen und exacten Methode bedient.

Eine mit Wasser gefüllte Flasche a s (s. Fig. 1), welche genau 5 Liter enthält, hat unten nahe dem Boden eine Ausflussöffnung; in diese wird mittelst eines durchbohrten Pfropfens ein Glasrohr mit einem an ihm befestigten Kautschukschlauch gesteckt. Der Kautschukschlauch ist durch eine Klemme h verschlossen und durch eine zweite Klemme g so verengt, dass der Inhalt der Flasche (5 Liter) in 30 Sekunden ausläuft. In der oberen Oeffnung der Aspirationsflasche steckt gleichfalls ein durchbohrter Kork mit Glas- und Kautschukrohr (e d). Mit diesem Kautschukrohr ist das sog. Wärmeprüfungsrohr in Verbindung gebracht. Letzteres ist ein beliebig langes Glasrohr b, dessen freies Ende a (mit 11 bis 12 mm Durchmesser) genau in die Oeffnung der Nase passt (eventuell zum luftdichten Verschluss der Nasenöffnung mit einem dünnen Kautschukring überzogen); nahe dem Ende a ist an das Glasrohr unter einem spitzen Winkel ein kurzes Seitenrohr c angeschmolzen, durch welches mittelst eines durchbohrten Kautschukpfropfens ein Thermometer luftdicht so durchgeführt ist, dass die Thermometerkugel innerhalb des Rohres b nahe der freien Oeffnung a zu liegen kommt.

Wird nun die Oeffnung a fest in ein z. B. das linke Nasenloch eingesteckt und die Klemme h geöffnet, so werden in Folge Abflusses des Wassers 5 Liter Luft in die Flasche a s gesaugt und zwar nimmt die Luft ihren Weg erst durch das freie rechte Nasenloch bis an die Choanen, dann in die linke Nase bis zur Oeffnung a, durch diese an der Thermometerkugel vorbei in die Röhre b und von da durch d und e in die Flasche.

Auf diese Weise hat A. bestimmt, welche Temperaturerhö-

hung 5 Liter Zimmerluft von jeweiliger Temperatur erfahren, wenn sie in 30 Sekunden durch beide Nasenhöhlen um die Choanen herumstreichen.

Ich glaubte nun von vornherein, dass für das von A. gefundene Resultat möglicherweise noch ein Umstand in Betracht käme.

Die Choanen oder vielmehr der Nasenrachenraum steht bei der A.'schen Versuchsanordnung in offener Communication mit Rachen, Luftröhre und Lunge. Es schien mir nun möglich, dass die aspirirte Luft entweder nicht direkt von der rechten Choane nach der linken strömt, oder dass sie bei dieser Strömung die frei communicirende warme Luft aus dem Rachen, Luftröhre etc. mehr oder minder mitreisst, mit aspirirt. Giebt doch A. selbst an, dass bei mehrmaliger Wiederholung seiner Versuche Luft aus der Tuba Eustachii aspirirt worden sei, in Folge dessen er mehrtägiges Ohrensausen empfunden hätte. Ich unternahm es daher, den Nasenrachenraum vollkommen von der darunter befindlichen, warmen Luftsäule abzuschliessen. Ich drückte mittelst eines breiten Holzspatels, dessen Ende mit feuchter Watte umwickelt war, den weichen Gaumen (nach vorheriger Cocainisirung) fest an die hintere Rachenwand, überzeugte mich durch Probeaspiration bei verschlossenem rechten Nasenloch von dem absolut luftdichten Abschluss und liess dann bei so abgeschlossenem Nasenrachenraum 5 Liter Luft in 30″ durch beide Nasenhöhlen strömen. Es zeigte sich nun, dass dieser Abschluss keinerlei Einfluss auf die Erwärmung der die Nasenhöhlen durchströmenden Luft hat. Ich constatirte durch mehrere Versuche, dass das Thermometer im Prüfungsrohr auf dieselbe Höhe kam, mochte der Versuch genau nach A. also ohne oder mit Abschluss des Nasenrachenraums ausgeführt werden.

Und zwar fand ich, dass, wenn 5 Liter Luft mit einer Temperatur von 10—12° C. mittelst der beschriebenen Aspirationsmethode in 30″ durch beide Nasenhöhlen strömen, das Thermometer im Prüfungsrohr auf durchschnittlich 29,5° C. steigt, also die 5 Liter Luft mindestens auf diese Temperatur erwärmt werden.

Die Abweichungen von diesem Mittelwerth aus einer grossen Zahl von Versuchen sind meist nur gering — einige Zehntel Grade. Nur selten blieb die Temperatur unter 29° auf mindestens 28,5° stehen, meist konnte in solchen Fällen der Verdacht nicht ganz

luftdichten Abschlusses des Nasenloches durch die Röhrenöffnung a erhoben werden — zuweilen erreichte die Temperatur 30° und wenige Zehntel darüber.

A. hat in seinen Versuchen höhere Werthe gefunden 30,1 bis 30,4° C. Vielleicht ist die Empfindlichkeit meines Thermometers, das nur $^1/_5$ Grade anzeigt, geringer als bei A. Uebrigens habe ich, um die Empfindlichkeit meines Thermometers zu prüfen und der wirklichen Temperatur der durch die Nase strömenden Luft näher zu kommen, die Aspirationszeit auf 1 Minute ausgedehnt d. h. aus einer viel grösseren Aspirationsflasche 10 Liter in 60 Secunden auslaufen lassen. Um dabei die vielleicht störenden und bei so langer Dauer gar nicht zu vermeidenden tieferen Ein- und Ausathmungen durch die Nase auszuschliessen, habe ich in der bereits erwähnten Weise mittelst Spateldruck auf den weichen Gaumen den Nasenrachenraum luftdicht abgeschlossen und ruhig durch den geöffneten Mund während des Versuchs geathmet. Bei dieser Versuchsanordnung — 10 Liter Luft in 60″ durch beide Nasenhöhlen, Nasenrachenraum abgeschlossen — stieg das Thermometer im Prüfungsrohr auf 30,4—31,2° C. bei 12° Zimmertemperatur, ohne am Ende des Versuchs noch weitere Neigung zum Steigen zu zeigen. Es muss demnach in meinen Versuchen, um die wahre Temperatur anzugeben, zu der bei dem Versuch gefundenen ca. $1^1/_2$° C. zugezählt werden. Ich habe zu dem Zwecke in Klammern immer mit w. T. die wahre Temperatur beigefügt.

Aschenbrandt giebt an, die gleichen Temperaturwerthe auch bei 8° C. Zimmertemperatur gefunden zu haben. In meinen Versuchen erreichte jedoch das Thermometer im Prüfungsrohr nicht mehr bei 8—9° C. Aussentemperatur die gleiche Höhe wie früher, sondern blieb $^1/_2$—1° darunter zurück. Aber selbst wenn die Luft (durch eine Kältemischung) auf 0—4° C. abgekühlt war, stieg das Thermometer im Prüfungsrohr noch auf ca. 26° (w. T. = 27,5°).

Ich habe auch gleiche Versuche bei relativ hoher Aussentemperatur 19—20° C. angestellt und hierbei stieg im Prüfungsrohr das Thermometer auf durchschnittlich 30,8° C. (w. T. = 32,3°) und erreichte zuweilen fast 32°.

Das Resultat aller dieser Versuche zusammenfassend, ergiebt sich im Ganzen in Uebereinstimmung mit Aschenbrandt:

Die durch beide Nasenhöhlen strömende Luft

(5 Liter in 30″) wird bei einer Aussentemperatur von 10—12° auf ca. 31° C. erwärmt.

A. hat ferner Versuche über die Erwärmung der Luft bei ihrem Durchstreichen durch eine Nasenhöhle angestellt. Er hat zu diesem Zwecke ein weites, aus zwei in einander geschobenen Cylindern bestehendes Glasrohr in den Mund bis hinter das Zäpfchen geschoben, die Oeffnung a des Prüfungsrohrs in das linke Nasenloch gesteckt, das rechte Nasenloch fest zugehalten und nun in derselben Weise wie vorher 5 Liter in 30″ aspirirt. Ich habe mich einer anderen, und wie ich glaube, besseren Anordnung bedient. Ich führte auf der einen z. B. linken Seite in den vorher cocainisirten unteren Nasengang einen 8 cm langen, ziemlich dicken Kautschukschlauch, dessen Lumen 7 mm Durchmesser hatte. Das hintere Ende dieses Schlauches reichte etwas über die Choane, das vordere Ende desselben steckte auf einer Glasröhre, die in einem fest in die Nasenöffnung eingedrückten Kautschukpfropfen sich befand (s. Fig. 1 a). Das Ende a des Prüfungsrohrs wurde nun in das rechte Nasenloch gesteckt, der Mund geschlossen und in der alten Weise 5 Liter Luft in 1/2 Min. aspirirt. Die aspirirte Luft ging also erst in das im linken unteren Nasengang liegende Glas und Kautschukrohr bis an die linke Choane, von da durch die rechte Choane in die rechte Nasenhöhle und in das Prüfungsrohr.

A. fand bei seinen Versuchen, dass die Luft (5 Liter in 30″) beim Durchstreichen durch eine Nasenhöhle gleichfalls auf mindestens 30° C. (bei 12° Aussentemperatur) erwärmt wird. Bei meiner Versuchsanordnung dagegen wurde die durch eine Nasenhöhle streichende Luft etwas, ungefähr 0,5° C. weniger erwärmt. Denn das Thermometer im Prüfungsrohr stieg bei 10—12° C. Aussentemperatur nur auf durchschnittlich 28,8° (w. T. = 30,30), die Temperaturen schwankten in den einzelnen Versuchen zwischen 28,4 und 29,4°. Bei niederer (8°) und höherer (20°) Aussentemperatur ergeben sich die gleichen Differenzen wie bei Benutzung beider Nasenhöhlen.

II. Erwärmung der Luft bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen.

Aspirationsflasche und Prüfungsrohr werden wie bei den vorigen Versuchen benutzt. In den linken unteren Nasengang

wird in derselben Weise wie bei den letzterwähnten Versuchen ein 8—9 cm langes Kautschukrohr geschoben, die rechte Nasenöffnung wird fest zugehalten und das mit einem Kautschukring versehene Ende a des Prüfungsrohrs wird in den Mund genommen und fest mit den Lippen gehalten (s. Fig. 1 b). Bei Abfluss des Wassers aus der Flasche a s macht also die aspirirte Luft folgenden Weg: erst in das innerhalb des linken unteren Nasenganges liegende Kautschukrohr, um das Gaumensegel herum in die Mundhöhle bis zur Oeffnung a des Prüfungsrohrs, von da am Thermometer vorbei in die Flasche.

In diesen Versuchen stieg das Thermometer im Prüfungsrohr auf durchschnittlich 28,9° oder rund 29,0° C. (w. T. = 30°) also 0,5° weniger als bei Durchströmung beider Nasenhöhlen und zwar bei einer Zimmertemperatur von 10—12° C. Bei höherer Temperatur 20° C. erreicht das Thermometer 30—30,5° und bei niederer Temperatur 8° C. und darunter kam es nur bis 25,0 bis 27,5° C.

Es ergiebt sich also folgendes Resultat:

Die durch den Mund (halb geöffnet) und Rachen strömende Luft — 5 Liter in 30″ — wird bei 10—12° C. Aussentemperatur auf 29° C. (w. T. = 30,5°) d. h. einen halben Grad weniger erwärmt als wenn sie durch beide Nasenhöhlen durchzieht. Genau zu demselben Resultat gelangte Semon[1]), welcher untersuchte, um wie viel ein im Rachen gehaltenes Thermometer, nachdem es sich auf 32,3° C. erwärmt hatte, sinkt, wenn die Inspiration durch den Mund oder durch die Nase stattfindet.

III. Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Bei diesen Versuchen blieb natürlich das Wärmeprüfungsrohr weg und zur Bestimmung des Wassergehaltes der Luft wurden nach dem Vorgange von Aschenbrandt U-förmig gebogene Röhrchen, die mit Bimsteinstückchen und conc. Schwefelsäure gefüllt waren, benutzt. Diese Röhrchen wurden vor dem Versuch und nach der Aspiration, die in derselben Weise wie oben vor sich ging, ge-

---

1) Krankheiten des Halses und der Nase von Mackenzie-Semon. Berlin 1884. II. S. 516.

wogen. Die Gewichtszunahme zeigt dann in absoluter Zahl, wie viel Wasser die 5 Liter Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase aufgenommen haben. Zur Bestimmung des Wassergehaltes der Zimmerluft wurde die Zimmerluft, ohne die Nase zu passiren, aspirirt.

Aschenbrandt verbindet ein Ende seines U-Röhrchens mit dem Schlauch d, Fig. 1 und das andere Ende mit einer Glasröhre, die er in die Nase einführt. Ich verband dagegen das eine Ende l (Fig. 2) meines U-Röhrchens mit dem Schlauch d, über das andere Ende i führte ich aber einen in der Mitte durchbohrten Kautschukpfropf p so weit, dass die ganze Durchbohrung genau ausgefüllt war und diesen Pfropfen steckte ich dann in die Nase. Diese Anordnung hat den Vortheil, dass ich zur Wasserbestimmung bloss das U-Röhrchen (ohne Pfropf) vor und nach dem Versuche zu wägen brauche, während Aschenbrandt sowohl das U-Röhrchen als auch das vom U-Röhrchen zur Nase führende Glasrohr wägen muss.

Wurde der Pfropf mit dem U-Röhrchen in das linke Nasenloch gesteckt und das Wasser aus der Aspirationsflasche abgelassen, so passirte die Luft, und zwar 5 Liter in ca. 30", erst die rechte Nasenhöhle, dann um die Choanen die linke Nasenhöhle und ging von da direkt in das U-Röhrchen durch die Schwefelsäure und schliesslich nach der Aspirationsflasche.

Bei den nun in dieser Weise angestellten Versuchen konnte ich in Uebereinstimmung mit A. constatiren, dass das U-Röhrchen sich deutlich erwärmte und dass die an dem Röhrchen befindliche Glaskugel g, Fig. 2 sich mit Wassertropfen beschlug.

Es betrug bei einer Aussentemperatur von 9—12° C. die Gewichtszunahme des U-Röhrchens im Durchschnitt mehrerer Versuche 0,166 gr, wobei die Abweichungen von diesem Mittelwerth nur geringfügig waren. Der direkt bestimmte Wassergehalt der Zimmerluft schwankt zwischen 0,02—0,03 gr pro 5 Liter, was eine relative Feuchtigkeit von 50—70% ergiebt. Auch hier überzeugte ich mich durch direkten Versuch, dass die Absperrung des Nasenrachenraumes ohne Einfluss auf das Resultat ist.

Ebenso fand ich, wenn ich in der oben geschilderten Weise die Luft bloss durch eine Nasenhöhle streichen liess, ungefähr dieselben Werthe für den Wassergehalt.

Zur Controle der Empfindlichkeit dieser Methode der Wasser-

bestimmung habe ich hinter das U-Röhrchen noch ein zweites eingeschaltet, also die bereits durch ein U-Röhrchen entwässerte Luft durch das zweite in gleicher Weise vorbereitete ziehen lassen. Dieses zweite U-Röhrchen zeigte in der That nur einen minimalen Gewichtszuwachs von 0,001 gr.

Wir haben oben gefunden, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase eine Temperatur von mindestens 30—31° C. annimmt. Nach den Tabellen der Physiker können 5 Liter einer so temperirten Luft bis zur Sättigung bei 30° 0,15 gr und bei 31° 0,167 gr Wasser aufnehmen. Wir können daher behaupten, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase vollkommen mit Wasserdampf gesättigt wird. Aschenbrandt fand in seinem Versuche den absoluten Wassergehalt von 5 Liter Luft nach ihrem Durchgang durch die Nase = 0,182. Dieser auffallend hohe Werth ist vielleicht durch die complicirtere Versuchsanordnung — Wägung des U-Röhrchens und des Verbindungsrohres besonders — verschuldet. Jedenfalls ergiebt sich aus diesen Versuchen das Resultat:

Die Luft wird bei ihrem Durchgang durch die Nase — 5 Liter in 30″ — entsprechend der angenommenen Temperatur mit Wasserdampf vollkommen gesättigt.

IV. Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen.

Die Anordnung der unternommenen Versuche gleicht vollkommen der unter II beschriebenen (s. Fig. 1 b), nur dass statt des Wärmeprüfungsrohrs das mit dem Kautschukpfropf versehene U-Röhrchen (Fig. 1) in den halbgeöffneten Mund zwischen die Lippen und Zähne genommen wird. Es passirt also die aspirirte Luft — 5 Liter in 30″ — erst den im linken, unteren Nasengang liegenden Schlauch, geht um das Gaumensegel durch die Mundhöhle in das mit Schwefelsäure gefüllte U-Röhrchen und durch dieses in die Aspirationsflasche. Der absolute Wassergehalt der so durch Mund und Rachen geströmten 5 Liter Zimmerluft von 9—12° C. Temperatur betrug im Mittel mehrerer Versuche 0,161 gr (Grösse der Schwankungen 0,168—0,155; Wassergehalt der Zimmerluft 0,025—0,035 für 5 Liter). Dieser Werth ist etwas geringer als der beim Durchgang durch die Nasenhöhle unter III gefun-

dene (0,166). Da wir jedoch unter II nachgewiesen haben, dass die durch Mund und Nase strömende Luft eine mindestens 0,5° C. geringere Temperatur annimmt und 5 Liter Luft bei 31° C. noch 0,167 gr Wasser aufnehmen, so lautet das Resultat dieser Versuche:

Die Luft wird bei ihrem Durchgang durch Mund und Rachen — 5 Liter in 30″ — gleichfalls mit Wasserdampf gesättigt, nur ist entsprechend ihrer um $^1/_2$° C. geringeren Temperatur, auch der absolute Werth des aufgenommenen Wassers etwas geringer.

V. Erwärmung und Anfeuchtung der Luft während ihres Durchganges durch die Nase oder durch Mund und Rachen bei doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit.

In allen bisherigen Versuchen hatte ich genau dem Beispiel Aschenbrandt's folgend aus der Aspirationsflasche 5 Liter Wasser in 30″ ausfliessen, also eben so viel Luft durch die entsprechende Körperhöhle strömen lassen. A. führt zur Begründung dieses Verfahrens an, dass in 30″ vom normalen Menschen 10 Athemzüge gemacht werden und auf jeden Athemzug eine Tiefe von 500 ccm zu rechnen ist, so dass also eine Strömung von 5 Liter Luft in $^1/_2$ Minute genau den natürlichen Verhältnissen entspräche. Allein eine solche Berechnung erscheint mir nicht korrekt. Alle unsere Versuche haben doch den Zweck, die Veränderungen der inspirirten Luft zu untersuchen. Zugegeben, dass normaler Weise in 30″ 5 Liter Luft inspirirt werden, so werden doch die ganzen 30″ nicht bloss auf die 10 Inspirationen verwendet, sondern es werden während derselben Zeit auch 10 Exspirationen von Statten gehen. Nimmt man nun die Dauer einer Exspiration ebenso lang wie die einer Inspiration und sieht von der sogenannten Athmungspause ganz ab, so würde bei 10 Athmungszügen von 500 ccm Tiefe in $^1/_2$ Minute die Strömungsdauer für 5 Liter Inspirationsluft nicht 30″, sondern nur höchstens 15″ betragen. Mit anderen Worten, in den Versuchen mit Aschenbrandt'scher Anordnung wäre die Strömungsgeschwindigkeit der Inspirationsluft halb so gross als bei der wirklichen Athmung. Freilich sind die von A. seiner Rechnung zu Grunde gelegten Daten etwas zu hoch gegriffen.

Nach Vierordt[1]) werden bei ruhiger Athmung in 1 Minute

1) Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845. S. 255.

nur 9—15 Athemzüge gemacht und beträgt das Quantum der exspirirten Luft 4200—9300 ccm pro Minute. Aschenbrandt selbst führt an, dass nach Vierordt in einer ganzen Minute ca. 6000 ccm Luft exspirirt werden. Mit Zugrundelegung solcher Werthe würde allerdings die Aschenbrandt'sche Anordnung unserer Versuche der wirklichen Geschwindigkeit des Inspirationsstromes sehr nahe kommen.

Indess schien es mir doch von besonderem Interesse, die Versuche bei grösserer und zwar doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit der Luft zu wiederholen, weil ja doch auch im normalen Leben die Zahl und Tiefe der Athemzüge erheblicher Steigerungen fähig ist und weil es mir sehr werthvoll erschien zu untersuchen, in wie weit die gefundenen Resultate durch veränderte Strömungsgeschwindigkeit eine Veränderung erfahren.

Die Anordnung der nun unternommenen Versuche blieb genau dieselbe wie früher, nur wurde bei dem Versuche über Erwärmung der Luft eine viel grössere Aspirationsflasche genommen, aus welcher in 30″ 10 Liter Wasser abflossen, so dass durch die betreffende Körperhöhle 10 Liter Luft in 30″ durchzogen. Bei den Wassergehaltsuntersuchungen benutzte ich wie früher die Aspirationsflasche von 5 Liter Inhalt, regulirte aber durch Erweiterung der Klemme g Fig. 1 den Abfluss so, dass die 5 Liter in 15″ abflossen. Bei den mit diesen Modificationen angestellten Experimenten, deren genauere Beschreibung sich nach dem Vorangegangenen erübrigt, stellte sich nun heraus, dass die unter I, II, III, IV angegebenen Resultate auch bei doppelt so grosser Strömungsgeschwindigkeit der Luft — 10 Liter in 30″ — nicht wesentlich verändert werden. Die Erwärmung der durch die Nase streichenden Luft erreichte bei 12° C. Aussentemperatur über 29° C. (w. T. = 30,5°), blieb also nur wenig unter der früher erreichten Höhe zurück.

Ebenso erwärmte sich die doppelt so rasch strömende Luft durch Mund und Rachen wohl etwas weniger als früher bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit, erreichte aber doch gut 28° C. (w. T. = 29,5°). Die Wasseraufnahme der doppelt so rasch strömenden Luft (5 Liter in 15″) zeigte verhältnissmässig grössere Schwankungen als früher, doch kamen wiederholt sogar sehr hohe Werthe 0,17 und 0,18 gr für 5 Liter zum Vorschein. Auch hier war der Wassergehalt der durch Nase und Rachen strömenden

Luft immer nur eine Kleinigkeit (etwa 0,01 gr pro 5 Liter) geringer, als bei Strömung durch die Nase. Das Resultat dieser Versuche lautet demnach:

Die Luft wird während ihres Durchgangs durch die Nase oder durch Mund und Rachen bei grosser Strömungsgeschwindigkeit — 10 Liter in 30″ — beinahe ebenso hoch erwärmt auf 29,5 – 30° C, wie bei langsamer Strömung — 5 Liter in 30″ — und gleichfalls ihrer Temperatur entsprechend mit Wasserdampf gesättigt.

Durch diese Versuche wird einem bereits von Vierordt ausgesprochenem Desiderat einigermaassen genügt. V. sagt nämlich l. c. S. 207: „über die Verhältnisse der beständig Wasser abdünstenden Mucosa können jedoch erst genauer vergleichende Experimente über den Wassergehalt der exspirirten Luft bei Athemzügen verschiedener Schnelligkeit Aufschluss geben, aus welchen wir erst werden beurtheilen können ob die Schleimhaut der Respirationsorgane auch bei sehr frequentem Athem genug Wasser abgiebt, um die ausgeathmete Luft zu sättigen.“

VI. Erwärmung und Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch eine enge Röhre.

Ich hielt es zum Verständniss der bisherigen Resultate für geboten, die gleichen Versuche unter rein physikalischen Bedingungen, die denen bei der Athmung möglichst nahe kommen, anzustellen.

Zu diesem Zwecke nahm ich ein Glasrohr, Fig. 3, dessen ganze Länge 23 cm, und dessen Durchmesser 15 mm betrug und steckte dasselbe in die Mitte einer 20 cm langen Cigarrenkiste so, dass die beiden Enden des Glasrohrs zu beiden Seiten des Kastens in der in der Figur ersichtlichen Weise herausragten. Nahe dem einen Ende s des Glasrohrs hatte letzteres ein längeres senkrecht aufsteigendes Seitenrohr w, welches eine Oeffnung des Kastendeckels passirend über denselben hinausragte. Die Innenfläche des Glasrohrs, so weit es in dem Kasten steckte, also in einer Länge von 20 cm war mit mehreren Rollen Fliesspapier ausgekleidet, welches gut befeuchtet war, so dass noch eine schmale Rinne Wasser am Boden der Röhre eben zu sehen war; in das Glasrohr w wurde ein Thermometer mittelst eines durchbohrten

Pfropfens luftdicht so eingeführt, dass die Thermometerkugel sich in der Mitte des Rohres befand. Die Oeffnung v des Rohres r wurde mittelst einer in einem durchbohrten Pfropfen steckenden ziemlich engen Glasröhre verengt. Der ganze mit dem Rohr armirte Kasten — den ich Wärmekasten nennen will — stand auf einem mit Drahtgitter etc. belegten Dreifuss, unter welchem zwei kleine Gasflammen y und z sich befanden. Die Flammen bei y und z wurden so lange regulirt, bis das Thermometer t dauernd eine Temperatur von ca. 37° anzeigte.

Nun wurde entweder das Ende s des Rohres r durch einen kurzen Kautschukschlauch mit dem Ende a des Prüfungsrohrs und damit überhaupt mit dem ganzen in Fig. 1 dargestellten Apparat in Verbindung gebracht, oder es wurde das in Fig. 2 gezeichnete U-Röhrchen mittelst seines Pfropfens i in das Ende s fest eingesteckt und das andere Ende l des U-Röhrchens mit dem Schlauch d des in Fig. 1 gezeichneten Apparats in Verbindung gebracht. In beiden Fällen wurde nach Oeffnung der Klemme h (Fig. 1) durch Abfluss des Wassers aus der Aspirationsflasche 5 Liter Luft in 30″ aspirirt, wobei die aspirirte Luft, ehe sie in das Prüfungsrohr b oder in das U-Röhrchen gelangte, erst die constant auf 37° C. erwärmte und feuchte Röhre r passiren musste. Es wurden also dieselben Versuche wie früher angestellt, nur dass die Nasenhöhle durch eine 20 cm lange, 1,5 cm weite Röhre ersetzt war, deren innere Oberfläche vollkommen feucht war und die im Luftbade constant eine Temperatur von 37° C. hatte.

Ich fand nun, dass, wenn 5 Liter Luft in 30″ durch das Wärmekastenrohr gesogen werden, bei einer Aussentemperatur von 10—12° C. das Thermometer im Prüfungsrohr auf 29,2—29,5 (w. T. = 30,8) stieg, zugleich sank das Thermometer t, das im Wärmekastenrohr steckte, von 37° auf ca. 34° C.; bei einer Aussentemperatur von 9° C. zeigte das Thermometer nur kaum 28° C. und bei 8° Aussentemperatur erreichte es nur 26—27°, während es bei einer Aussentemperatur von 24° C. auf 31,5 (w. T. = 33°) stieg. Man ersieht durch einen Vergleich dieser Resultate mit dem unter I. Angeführten, dass sich das constant auf 37° C. erwärmte Glasrohr fast wie die Nase der durchgesogenen Luft gegenüber in Bezug auf deren Erwärmung verhält. Wurde nun die Strömungsgeschwindigkeit vermehrt, indem 10 Liter in 30″ durch das Wärmekastenrohr aspirirt werden, so fiel die Temperatur des Thermometers t um

4—6° und stieg die Temperatur im Prüfungsrohr nur auf 27,5° C. (w. T. = 29° C.), blieb also hinter der mit gleicher Geschwindigkeit durch die Nase strömenden Luft in Bezug auf Erwärmung (s. V S. 136) um 1,5° C. zurück.

Wurde zur Wasserbestimmung in die Oeffnung s des Wärmekastenrohrs das mit Schwefelsäure gefüllte U-Röhrchen mit seinem Pfropfen hineingesteckt und bei constanter Temperatur von 37° C. 5 Liter in 30" durchgesogen, so betrug die Gewichtszunahme, also der Wassergehalt der aspirirten Luft bei 12° C. Aussentemperatur 0,17—0,18 gr, während er bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 5 Liter in 15" sich nur auf 0,14—0,15 belief.

Gestützt auf diese Daten, sind wir berechtigt, zu behaupten:

1. Der Grund der auf den ersten Blick vielleicht auffallenden Erwärmung und Anfeuchtung der Luft bei ihrem Durchgang durch Nase etc. liegt in erster Reihe in den physikalischen Eigenschaften der Luft. Die letztere vermag eben bei ihrer geringen specifischen Wärme — dieselbe ist = 0,2, also 5 mal kleiner als die des Wassers — wenn sie durch eine enge feuchte Röhre strömt, sehr rasch deren Temperatur anzunehmen und sich mit Wasserdampf zu sättigen.

2. Es ist wahrscheinlich, dass bei niedriger Aussentemperatur und insbesondere bei sehr rascher Luftströmung an der Schleimhaut der Respirationswege sich noch gewisse physiologische Vorgänge zu Gunsten einer möglichst hohen Erwärmung und dementsprechender Dunstsättigung der Einathmungsluft geltend machen. Es liegt nahe daran zu denken, dass diese physiologischen Vorgänge im verstärkten Blutzuflusse u. s. w. bestehen.

3. Die bei unseren physikalischen Versuchen gewonnenen Ergebnisse erlauben uns, einen Schluss auf die physiologische Leistungsfähigkeit der Trachea und der Bronchien zu ziehen, welche experimentell an Lebenden festzustellen nicht möglich ist. Nach Henle (Anatomie II S. 264) beträgt die Länge der Trachea ca. 12 cm, die der Hauptbronchien 2,4 resp. 5,1 cm. Die Weite dieser Röhren beläuft sich auf 3—2 cm Durchmesser; es würde also die Trachea und die ersten Bronchialzweige zusammen eine Röhre ungefähr von ähnlicher Beschaffenheit wie unser Wärmekastenrohr darstellen und daher das Nämliche an Erwärmung und Anfeuchtung der Inspirationsluft leisten.

VII. Reinigung der Luft von Staub bei ihrem Durchgang durch die Nase.

Aschenbrandt hat nach dieser Richtung hin Versuche angestellt, indem er mit der beschriebenen Aspirationsvorrichtung nicht gewöhnliche Zimmerluft, sondern eine in bestimmter Weise mit Staub beladene Luft durch beide Nasenhöhlen strömen liess. Zuerst wurde der Luft chemischer Staub (Dämpfe von Salmiak etc.) beigemischt und es zeigte sich, dass derselbe fast unvermindert die Nase passire.

Ferner wurde die Luft mit gröberem mechanischen Staub und zwar Stärkemehl gemischt. Eine Flasche F Fig. 4, auf deren Boden eine Menge Stärkemehl aufgehäuft ist, trägt an ihrer oberen Oeffnung o in einem durchbohrten Pfropfen ein Glasrohr D, welches durch einen Schlauch mit dem Glasrohr G verbunden ist. Das Ende dieses Rohres N wird in ein Nasenloch z. B. rechts fest eingeführt, während ein anderes Glasrohr L mit seinem Ende M in das linke Nasenloch gesteckt wird. Rohr L wird mit der Aspirationsflasche as verbunden und während der Aspiration wird durch den bei U Fig. 4 angebrachten Blasebalg B das Mehlpulver aufgewirbelt.

Aschenbrandt fand nun bei diesem Versuch, dass das Mehlpulver in die rechte Nasenhöhle und an die hintere Nasenrachenwand gelangt, dagegen liess sich kein Stärkemehl in der linken Nasenhöhle oder gar in der Flüssigkeit der Aspirationsflasche nachweisen. Der aus der rechten Nasenhöhle nach dem Versuch herausbeförderte Schleim zeigte keine Jodreaction.

Ich hielt eine Nachprüfung der Versuche mit chemischem Staub für nicht erforderlich, dagegen habe ich die Versuche mit mechanischem Staub wiederholt. Zunächst stellte ich den Versuch genau wie Aschenbrandt an, überzeugte mich aber, dass bei dieser Anordnung überhaupt sehr wenig Mehlstaub in die Nasenhöhle hineinkommt. Auf dem Transport des Staubes aus der Flasche F durch das Rohr D in den nach abwärts gekrümmten Schlauch und durch die Röhre G bleibt so viel von dem Mehl zurück, dass nur eine kleine Menge in die eine Nasenhöhle gelangt, die dort und an der hinteren Rachenwand abgefangen wird. Ich musste die Röhre D verlängern, bis sie in den Mehlstaub am Boden der Flasche F tauchte, um eine beträchtliche Staubmenge

in die Nase zu aspiriren. In diesem Falle konnte ich aber — wenn N im linken und M im rechten Nasenloch gesteckt hatte — auch in der rechten Nasenhöhle Stärkemehl nachweisen. Denn nachdem ich vor dem Versuch in die rechte Nasenhöhle gesteckte und feucht gewordene Fliesspapierstückchen mittelst Lugol'scher Lösung als frei von Stärkemehl befunden hatte, machte ich dieselbe Prüfung nach dem Versuche und konstatirte die Anwesenheit von Stärkemehl. Noch schlagender zeigte sich dies bei folgender Versuchsanordnung: Statt der Flasche F Fig. 4 benutzte ich eine Glaskugel K Fig. 5 mit 3 Oeffnungen. Am Boden derselben liegt das Pulver, in der oberen Oeffnung steckt eine Röhre J mit Blasebalg, die Oeffnung H bleibt frei und die Oeffnung N wird mit Kautschuk überzogen, in das rechte Nasenloch geführt. In das linke Nasenloch wird ein Kautschukrohr von 7,5 cm Länge und 7 mm Durchmesser in den unteren Nasengang in der früher beschriebenen Weise eingeführt und sein äusseres Ende durch L und D mit der Aspirationsflasche verbunden. Während der Aspiration wird der Blasebalg in Thätigkeit gesetzt.

Ich benutzte als Staubpulver nicht Mehl, weil dieses, wie auch A. angiebt, noch lange Zeit in unangenehmer Weise an der hinteren Rachenwand haftet, sondern Magnesiapulver. Es ergab sich nun bei diesen Versuchen, dass das Pulver auch in die linke Nase gelangt, denn das vorher ganz reine Kautschukrohr, welches im linken Nasengang steckte, zeigte sich nach dem Versuch herausgenommen an seiner ganzen inneren Wandung mit den weissen Staubkörnchen bedeckt, ja es waren solche noch in dem zur Aspirationsflasche führenden Glasrohr L sehr deutlich zu erkennen. — Ich kann daher die Behauptung Aschenbrandt's: „dass bei Nasenathmung gröbere Staubtheilchen in fühlbarer Menge nicht über den Rachen hinaus in die Tiefe gelangen können" nicht beitreten. Bei genügend reichlicher Staubverunreinigung der Luft würde immer eine gewisse Menge selbst bis in die Lungen gelangen können, wie dies schon durch die Thatsache der Staubinhalationskrankheiten bewiesen wird. Dagegen kann ich die Beobachtung A.'s bestätigen, dass speciell an der hinteren Rachenwand eine grosse Menge Staub haften bleibt. Die in die Nase fliegenden Staubtheilchen behalten zum grossen Theil, wenn sie an die Choane gelangt sind, ihre Flugrichtung bei und kommen dadurch an die hintere Rachenwand.

Auf diese Weise wird wohl der Staubgehalt der eingeathmeten Luft vermindert, aber nicht gänzlich aufgehoben. Es zeigt sich hier, welchen Werth es hat, dass der Anfangstheil der Athmungswege nicht die grade Verlängerung der Luftröhre, sondern eine rechtwinklich gekrümmte Röhre darstellt. Diese Abknickung des Athmungsrohrs ist, abgesehen von seiner Enge und Feuchtigkeit, eine Schutzvorrichtung, welche zwar nicht allen Staub von der Lunge zurückhält, aber doch die Menge des eingeathmeten Staubes vermindert.

VIII. Schlussfolgerungen.

Der erste Schluss, der sich aus den geschilderten Versuchen ziehen lässt, lautet im Wesentlichen in Uebereinstimmung mit Aschenbrandt, dass die von vielen Autoren gemachte Annahme, die eingeathmete Luft werde durch die Lunge erwärmt und mit Wasserdampf gesättigt, irrthümlich ist. Es war bisher gang und gäbe die Lunge nicht bloss als das Organ des Gasaustausches von O u. CO_2 zu betrachten, sondern ihr auch noch daneben die Aufgabe der Erwärmung und Anfeuchtung der Athmungsluft zuzuschreiben. Allerdings finden wir bei Rosenthal[1]) mit Bezug auf eine ähnliche Behauptung von Lombard die Aeusserung: „dass die Luft vorgewärmt und mit Wasserdampf nahezu gesättigt in die Alveolen gelangt.“ Ebenso spricht bereits Vierordt[2]) p. 207 davon, dass der Wassergehalt der ausgeathmeten Luft zum grössten Theil von der Schleimhaut der Luftwege stammt und p. 236, dass die eingeathmete Luft in den oberen Partieen der Athmungsorgane erwärmt wird. Aber diese gelegentlichen Aeusserungen blieben wenig beachtet und stützten sich auf blosse Deductionen.

Es ist das Verdienst Aschenbrandt's zuerst in dieser Beziehung den Weg experimenteller Begründung beschritten zu haben. Da die physiologischen Versuche unter V gezeigt haben, dass Zimmerluft bei ihrem Durchgang durch eine 20 cm lange, 15 mm weite und 37° C. warme Röhre auf über 30° C. erwärmt wird, so kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass die Exspirationsluft, die einen viel längeren und meist engeren Weg sowohl bei der

1) Handbuch der Physiologie v. Hermann. IV 2. S. 389.

2) Physiologie des Athmens. Karlsruhe 1845.

Ein- als auch bei der Ausathmung passirt hat, vollkommen die Körpertemperatur angenommen hat, also schon bei einer Aussentemperatur von 10° C. und weniger auf 37° C. erwärmt ist — womit die gleichlautenden Angaben von Valentin und Weyrich bestätigt werden; ebenso sicher ist die vollkommene Sättigung der Ausathmungsluft mit Wasserdampf. Die Erwärmung und Wassersättigung ist aber nicht eine Leistung der Lunge, sondern der Luft- oder Athmungswege. Man kann die Athmungswege in 2 Haupttheile zerlegen: erstens das Ansatzrohr, d. i. oberhalb des Kehlkopfes die Rachenhöhle mit ihren doppelten Ausläufern, Nasen- und Mundhöhle, zweitens das eigentliche Luftleitungsrohr: d. i. die Trachea, Bronchien und deren Verzweigungen.

Der Antheil, den diese beiden Abschnitte des Athmungsrohrs an den erwähnten physiologischen Leistungen haben, ist ein verschiedener. Der bei weitem grösste Theil dieser Leistung fällt nämlich dem Ansatzrohr zu, durch welches bei mittlerer und selbst kühler Temperatur und auch bei sehr grosser Strömungsgeschwindigkeit die eingeathmete Luft $^5/_6$ und mehr ihrer Wärme und ihres Wassergehalts zugeführt bekommt. Dieser Antheil wird bei niedriger Aussentemperatur geringer, sinkt aber nicht in gleichem Maasse, sondern langsamer und ist, wie wohl aus unseren Versuchen geschlossen werden kann, auch bei einer Aussentemperatur von mehreren Graden unter 0° noch ein sehr beträchtlicher. Wie sich aus den unter VI angeführten Resultaten ergiebt, ist andererseits z. B. bei einem Tracheotomirten, der durch die Kanüle athmet, Trachea und Bronchien ganz gut im Stande, die eingeathmete Luft auf über 30° C. zu erwärmen und mit Wasser zu sättigen. Jedenfalls ist ersichtlich, welchen Werth es für die Athmung des Menschen hat, dass die Luft der Lunge auf so langen und so engen Wegen zugeführt wird. Die Länge und Enge des ganzen Athmungsrohrs sichert der Lunge unter allen Umständen die Zuleitung einer bereits erwärmten und feuchten Luft und bildet somit für die Lunge eine gewisse Schutzvorrichtung.

Diese Function der Nase allein zuzuertheilen, wie dies Aschenbrandt gethan hat, ist nach den Resultaten der angestellten Experimente nicht erlaubt. Die Nase betheiligt sich an dieser Funktion des gesammten Athmungsrohrs in sehr hervorragender Weise. Aber es ist in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Luft die Athmung durch die Nase nicht von so

wesentlicher Bedeutung gegenüber der Athmung durch (halb geöffneten) Mund und Rachen. Allerdings haben wir gefunden, dass die Luft bei ihrem Durchgang durch die Nase um $^1/_2{}^0$ C. mehr erwärmt und dementsprechend mit Wasserdampf beladen wird, als bei der Mundathmung. Aber diese Differenz ist so gering, dass sie für die thatsächlichen Verhältnisse des Lebens nicht von Belang ist. Im Winter kann die in die Trachea kommende Luft ca. 25—28°, im Sommer 30—35° C. haben, eine Differenz, der gegenüber $^1/_2{}^0$ keinerlei Bedeutung hat.

Allerdings wissen wir aus Erfahrung, dass andauernde Mundathmung besonders während des Schlafes gewisse Unannehmlichkeiten hat, nämlich Austrocknen der Schleimhaut. Die Nase ist und bleibt Respirationsorgan und Athmungsweg ersten Ranges. Ihr enges und nahezu unveränderliches Lumen, der Blut- und Drüsenreichthum ihrer Schleimhaut, die Thatsache, dass diese Drüsen ununterbrochen Tag und Nacht ein wässriges Secret liefern, geben der Nase, abgesehen von ihrer Beziehung zum Geruchssinn, als Athmungsrohr den Vorzug vor dem Munde. Letzterer ist besonders an einzelnen Stellen viel ärmer an Drüsen, diese selbst liefern ein schleimiges, relativ wasserarmes Secret, und ihre Secretion ist eine sehr ungleichmässige, im Schlaf fast ganz ruhende — daher die Austrocknung. Die Nasenathmung ist zweifellos die normale, aber die Mundathmung kann sie ohne erheblichen Nachtheil für den Chemismus der Respiration ersetzen, wie denn auch erfahrungsgemäss viele Menschen jahrelang durch den Mund athmen, ohne in Folge dessen nachweisbare Gesundheitsschädigungen zu erfahren.

Vor Allem ist es nicht gerechtfertigt, auf Grund physiologischer Thatsachen der Nasenathmung in Bezug auf Erwärmung und Anfeuchtung der Einathmungsluft eine vitale Bedeutung zuzuschreiben.

Manche Autoren haben den Vortheil der Nasenathmung darin gesehen, dass die Athmungsmuskeln wegen der grösseren Widerstände im Vergleich zur Mundathmung zu stärkerer Thätigkeit angeregt, also gekräftigt werden.

Voltolini[1]) führt zum Beweise, dass die Nase der natür-

1) Rhinoskopie und Pharyngoskopie. Breslau 1879. S. 199.

liche Athemweg ist, an, dass der Druck der Athmungsluft bei maximaler Exspiration bedeutend stärker ist, wenn durch die Nase, als wenn durch den Mund exspirirt wird, in ersterem Falle betrage er 240, in letzteren 160 mm Quecksilber. Ebenso sei der negative Inspirationsdruck bei Nasenathmung grösser als bei Mundathmung. V. hat manometrische Versuche in der Weise angestellt, dass er ein Manometerrohr in den Mund oder in ein Nasenloch bei Verschluss des anderen steckte und mit aller Kraft in das Manometer in- oder exspirirend das Quecksilber in die Höhe trieb.

Allein die so bei Abschliessung des Respirationstractus angestellten Messungen[1]) geben uns nur Kenntniss von der Kraft, mit welcher die Athmungsmuskeln den Thoraxraum verengen oder erweitern, also das Volumen der von ihm umschlossenen Luft verändern können. Der so gemessene Druck ist an allen Punkten des abgeschlossenen Luftraumes derselbe und muss daher, an welcher Oeffnung ich auch das Manometer anbringe — ob an der Trachea, an der Nase oder am Munde — immer gleich gross sein, vorausgesetzt, dass immer die gleichen Muskel- resp. Druckkräfte in Anwendung kommen. Letzteres ist aber praktisch schwer auszuführen. Ich habe mich durch Wiederholung der V.'schen Experimente überzeugt, dass wohl Druckwerthe wie die von ihm angegebenen vorkommen, dass aber diese Werthe, mag das Manometer am Mund oder in der Nase angebracht sein, sehr grossen Schwankungen, oft von mehr als 70 mm Differenz, ausgesetzt sind.

Bemerkenswerth ist, dass der Mund zur Anlegung des Manometers durchaus ungeeignet erscheint. Denn hier wird durch die Dehnbarkeit und Contractilität der Mundwandung — Aufblasen der Backen und Druck der sich contrahirenden Backenmuskeln — das manometrische Resultat complicirt.

Will man den Athmungsdruck messen, welcher wirklich bei der In- und Exspiration ausgeübt wird, so muss der Respirationstractus offen, oder das Manometer muss seitlich an einer offenen Röhre angebracht sein, durch welche ein- und ausgeathmet wird, So hat z. B. Donders den Inspirationsdruck bei ruhigem Athmen = 1 mm Quecksilber in der Weise gefunden, dass er ein Manometer in ein Nasenloch luftdicht einfügte und durch die andere

1) Vergl. Rosenthal l. c. S. 218.

Nasenöffnung athmete. Die Grösse dieses wahren Athmungsdruckes hängt aber, die gleiche Contractionsgrösse der Athmungsmuskeln vorausgesetzt, von der Weite der Athmungsöffnung ab; der Druck ist um so grösser, je enger diese Oeffnung ist. So ist z. B. der Exspirationsdruck bei gleicher Kraftanstrengung grösser, wenn durch ein Nasenloch, als wenn durch beide Nasenlöcher exspirirt wird, eine Thatsache, von der viele Leute, die ihre Nase ohne Hülfe eines Taschentuches reinigen, practischen Gebrauch machen. Der Athmungsdruck bei der Mundathmung ist um so grösser, je enger die Mundöffnung gemacht wird, er kann also bald grösser, bald gleich, und bei weit geöffnetem Munde erheblich kleiner sein, als bei der Nasenathmung.

Bei körperlicher Anstrengung, Laufen, Bergsteigen und dergl. ist es zweckmässig, mit geschlossenem Munde durch die Nase zu athmen, vor Allem desshalb, weil so die vermehrte Luftzufuhr nicht durch Erweiterung der Athmungsöffnung, sondern durch grössere Anstrengung der Athmungsmuskeln bewirkt wird, diese also gekräftigt und zu grösserer Leistungsfähigkeit erzogen werden. Die Nasenathmung zeigt sich also in dieser Beziehung nicht allgemein, sondern nur unter besonderen Umständen als vortheilhaft.

In wie weit etwa die Nase durch nervöse Einflüsse für die Athmung von Bedeutung ist, muss besonderen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Ich erfülle zum Schluss die angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Gscheidlen, Director des städt. chem. Untersuchungsamtes, meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit und das hilfreiche Entgegenkommen, durch welches mir ermöglicht wurde, meine Versuche in seinem Laboratorium und mit seinen Hilfsmitteln auszuführen. Ebenso fühle ich mich verpflichtet, Herrn Dr. Seyda, Assistent am chem. Untersuchungsamt, für die Liebenswürdigkeit und Ausdauer, mit der er mich bei der Ausführung meiner Experimente unterstützte, aufs herzlichste zu danken.

Ueber das Schicksal einiger Fermente im Organismus.

Von

Hermann Hoffmann,
Cand. med. aus Eisleben.

Mit 7 Figuren im Text.

Die Kenntniss der Wirkung der Sekrete der Speicheldrüsen, der Drüsen der Magenschleimhaut und des Pancreas auf die Nahrungsmittel hat seit langer Zeit schon verschiedene Forscher dazu veranlasst, die spezifisch wirksamen Stoffe dieser Sekrete genauer zu prüfen und womöglich zu isoliren. Hat man auch nach der Anschauung vieler Forscher chemisch differenzirte Körper in den Fermenten bis heute noch gar nicht oder nicht in ausreichendem Maasse darzustellen vermocht, so ist man doch über die Bedeutung derselben für die Ueberführung der unlöslichen Substanzen in lösliche ziemlich klar geworden und hat die Bedingungen kennen gelernt, unter denen das Ptyalin des Speichels, das Pepsin und Labferment des Magens, sowie die Fermente des Pancreas auf die Kohlehydrate, Eiweisskörper und Fette einwirken. Man ist dabei zu dem Schlusse gelangt, dass die Fermente selbst nicht (Brücke) oder doch nur in geringem Maasse (Grützner und Andere) verbraucht werden.

Welches ist nun ihr Schicksal? Es war zuerst Brücke[1]), der sich für das Pepsin bei seinen Untersuchungen über dieses Ferment diese Frage vorlegte. Er suchte und fand dasselbe im Harn; von anderer Seite (Munk[2]), Kühne[3]) wurde es später in

1) Wiener Sitzungsberichte, Band XXXVII und XLII.

2) Verhandlungen der physiolog. Gesellschaft zu Berlin.

3) W. Kühne, Verhandlungen des naturhistor. mediz. Vereins zu Heidelberg II (1) p. I.

den verschiedensten Flüssigkeiten und Geweben des Körpers (Speichel, Chylus, Blut, Lunge, Schilddrüse) gefunden.

Wenige Jahre später fand Cohnheim[1]) auch das diastatische Ferment im Harn und wurde ein Amylum umwandelndes Ferment dann auch in den meisten Geweben des Organismus nachgewiesen.

Seit jener Zeit findet man keine weiteren Angaben, die darauf schliessen lassen, dass über diesen Punkt die Untersuchungen fortgesetzt sind, bis im Jahre 1882 Grützner[2]) den normalen menschlichen Harn auf die verschiedensten Fermente untersuchte und neben dem Pepsin und Ptyalin auch die Vorstufe des Trypsins und das Labferment im Harn zu finden glaubte. Es wurden dann zum Theil unter seiner Leitung, zum Theil selbständig von Sahli[3]), Gehrig[4]), und Holovtschiner[5]) die betreffenden Fermente auf ihr Vorkommen im Harn untersucht und vor allem die Schwankungen der Fermentmengen im Harn je nach der Tageszeit und der Nahrungsaufnahme in Betracht gezogen.

Herr Prof. Grützner stellte mir nun die Aufgabe, diese Arbeiten fortzusetzen und nach verschiedenen Richtungen hin zu erweitern. Theils sollte ich die Versuche auf eine noch grössere Anzahl von Personen und Thieren ausdehnen, da vielleicht individuelle Verschiedenheiten die verschiedenen Ergebnisse anderer Forscher erklären konnten, theils wollte ich auch pathologische Harne in den Kreis meiner Betrachtungen ziehen und auch nach dieser Richtung den Harn zu diagnostischen Zwecken verwerthen.

Wenn ich auch in letzterer Beziehung einige Untersuchungen anstellte, so gab ich doch diese bald auf, einmal, weil die Resultate nicht exakt genug waren, um ein diagnostisches Urtheil zu fällen; dann auch, weil ich bei den Untersuchungen auf Trypsin im Harn zu einem von Gehrig's Ergebnissen abweichenden Schlusse gelangte, wie man später sehen wird.

---

1) J. Cohnheim, Zur Kenntniss der zuckerbildenden Fermente Virchow's Archiv, Bd. XXVIII, p. 241.

2) Ueber den Fermentgehalt etc. Breslauer ärztl. Zeitschr. 1882. Nr. 17.

3) W. Sahli, Ueber den wechselnden Gehalt etc. Dies Archiv, Bd. XXXVI, p. 209. 1885.

4) F. Gehrig: Ueber Fermente im Harn. Dies Archiv, Bd. XXX, p. 35. 1885.

5) Holovtschiner: Virchow's Archiv. Bd. CIV, 1886.

Die Versuche wurden sämmtlich im physiologischen Institute in Tübingen unter der Leitung des Herrn Prof. Grützner angestellt.

Untersuchungsmethoden:

Was die Art des Nachweises der Fermente im Harn betrifft, so benutzte ich wenn möglich die auch von Gehrig angewendete colorimetrische Methode Grützner's. v. Wittich hatte zuerst darauf hingewiesen, dass fermenthaltige Flüssigkeiten ihres Ferments durch eingelegte Fibrinflocken beraubt werden, indem diese sich mit dem Ferment beschlagen oder es aufsaugen, so dass es auch durch Wasser nicht wieder abgespült werden kann. Bringt man nun zu solchem z. B. mit Pepsin beschlagenen Fibrin in einem Reagensfläschchen eine 1‰ ige Salzsäurelösung, so wird das Fibrin bei gehöriger Temperatur schnell verdaut. Grützner wendete diese Methode zuerst für den Harn an, Gehrig legte dann zweckmässiger Weise schon gefärbtes Fibrin in den Harn ein und benutzte dieses, wie es Grützner bei seiner colorimetrischen Methode gethan, unmittelbar zur Verdauung beziehungsweise Pepsinbestimmung. Diese Methode war natürlich eine viel genauere, als die von Brücke benutzte, der im passend angesäuerten Harn verdauen liess; einmal da der Harn mit seinen verschiedenen Salzmengen sicherlich störend auf die Verdauung einwirkte oder einwirken konnte und die Lösung des gefärbten Fibrins in der klaren Salzsäure unendlich viel feiner sich beurtheilen liess, als diejenige von ungefärbtem Fibrin in einer mehr oder minder trüben Flüssigkeit.

Gehrig stellte seine Untersuchungen über den Pepsingehalt des Harns nun in der Weise an, dass er die stündlich gesammelten Harnmengen im Kalten aufbewahrte; sodann brachte er von jedem Harn circa 20 ccm in ein Reagensgläschen und legte in den Harn gleiche Mengen mit Carmin gefärbten und durch starkes Auswaschen des überflüssigen Färbstoffs beraubten Fibrins. Letzteres liess er mehrere Stunden im Harn liegen, goss dann letzteren ab, setzte zu dem Fibrin 5 ccm 1‰ Salzsäure und brachte die Reagensgläschen in eine gleichmässige Temperatur von 37° Cels. Sah er nun nach einiger Zeit nach, so konnte er aus dem Grade der Färbung auf die Menge des gelösten Fibrins und von dieser wieder auf die Menge des Ferments schliessen.

Aehnlich verfuhr er bei seinen Untersuchungen auf Trypsin; nur musste er einen Farbstoff anwenden, der in alkalischen Flüssigkeiten nicht ausgezogen oder zerstört wird. Er fand denselben im Magdalaroth und brauchte nur das mit Trypsin beschlagene Fibrin mit 1% Sodalösung zu übergiessen und der Brüttemperatur auszusetzen, um dann auf gleiche Weise colorimetrisch die Fortschritte der Verdauung abzuschätzen.

Das diastatische Ferment liess Gehrig, so wie es Grützner gethan, sich an ungefärbte Fibrinflocken anheften, brachte diese mit einem dünnen Stärkekleister zusammen einige Zeit in den Brütofen und untersuchte dann die vom Fibrin abgegossene Flüssigkeit auf Zucker. Um auch hier colorimetrisch schätzen zu können, bediente er sich der Heller'schen Probe und schloss aus der mehr gelben oder braunen Färbung auf den geringeren oder höheren Gehalt an Zucker.

Gehrig hat auf diese Weise ganz bestimmte Kurven über den Gang der Ausscheidung der Fermente gezeichnet. Da er aber mittelst seiner Methode der grösseren oder geringeren Lösung des Fibrins keine direkten quantitativen Resultate erhielt, so begnügte er sich mit vergleichend quantitativen, zu denen er in folgender Weise gelangte: er goss in 5 Reagensgläschen je 10 ccm Wasser, setzte zu Gläschen I 2 Tropfen, zu II 4, zu III 6, zu IV 8, und zu V 10 Tropfen eines Glycerin-Extraktes eines Kaninchenmagens und brachte in sämmtliche 5 Gläschen gleiche Mengen Carminfibrin. Nach 2 Stunden wurden die Pepsinlösungen abgegossen und zu jedem Gläschen 5 ccm 1% Sodalösung zugesetzt. Liess er nun diese Gläschen eine Stunde im Brütofen stehen, so erhielt er eine schöne Farbenskala der Gläschen I—V. Verglich er nun die durch seine Harnuntersuchungen erhaltenen, mehr oder weniger intensiv gefärbten Lösungen mit dieser Skala und fand z. B. Gläschen a der Harnreihe gleich Gläschen I der Skala, Gläschen b der Harnreihe gleich Gläschen III der Skala, so konnte er sich den Schluss erlauben, in b wäre 3 mal so viel Pepsin enthalten als in a. Dieser Schluss ist nun, wie er selbst zugiebt, kein ganz zutreffender, da die aus dem Harn extrahirten Pepsinmengen gewöhnlich längere Zeit gebrauchen, um die den Probeflüssigkeiten entsprechenden Färbungsgrade zu erreichen, als die zur Vergleichung hergestellten Pepsinlösungen, und da die verdauende Wirkung einer Pepsinmenge mit der Zeit abnimmt. Diesen Fehler

glaubte Gehrig aber um so weniger berücksichtigen zu müssen, als die miteinander verglichenen Pepsinmengen überhaupt sehr geringe sind.

Den Grad der Verdauung, den die auf Pepsin untersuchten Harne nach der obigen colorimetrischen Methode zeigten, bezeichnete er dann kurz mit den Zahlen 2, 4, 6, 8, 10, je nachdem die Färbung der Gläschen derjenigen der Vergleichsflüssigkeiten mit 2, 4, 6, 8, 10 Tropfen Extract gleich kam. Durch längere Uebung in dem Abschätzen der Farbengrade gelangt man, auch ohne die Vergleichsflüssigkeit zu Hilfe zu nehmen, bald dahin, das Verhältniss der Farben direct zu schätzen. Ich habe daher bei meinen Versuchen in der Folge die Grade der Färbung, je nach der Intensität mit den Zahlen 1, 2, 3 bis 6, in einzelnen Fällen auch bis 10 bezeichnet.

Ueber das Labferment hat Gehrig keine Versuche angestellt und auch ich habe mich vorläufig damit begnügt, in den von mir untersuchten Harnen mich von der Anwesenheit des Labfermentes zu überzeugen und die Angaben Grützner's und Holvotschiner's über diesen Punkt zu bestätigen; d. h. mich davon zu überzeugen, dass schwach angesäuerter frischer Harn mit roher Milch versetzt, dieselbe schnell (oft in einigen Minuten) gerinnen lässt, während der ebenso behandelte gekochte Harn oft in dem Zehnfachen der Zeit eine Gerinnung einleitet.

Soweit ich den Harn von Hunden und Kaninchen untersuchte, entnahm ich denselben meistens mittelst eines peinlich gesäuberten metallenen Katheters von weiblichen Thieren. War der Katheter längere Zeit nicht gebraucht, so wurde er eine viertel Stunde in kochendes Wasser gesteckt. Sonst wurde er in 5% iger Karbolsäure aufbewahrt.

Ich werde nun meine Beobachtungen über die einzelnen Fermente vorlegen.

1. Pepsin.

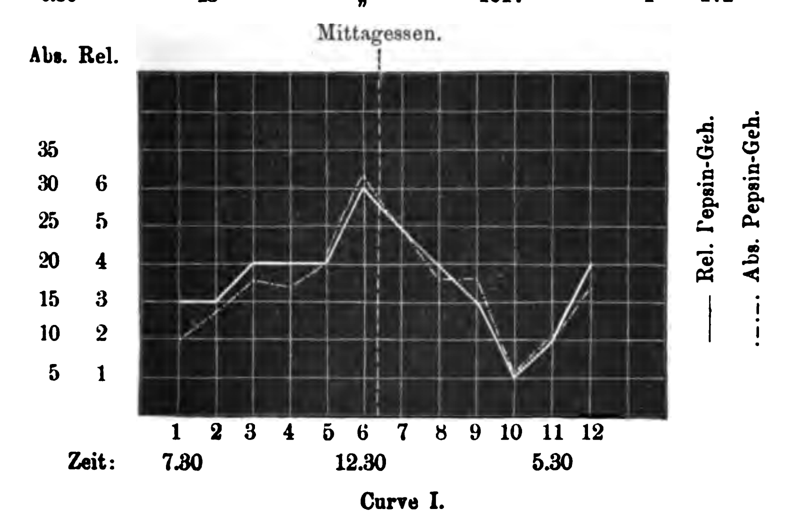
Die früheren Forscher haben bei ihren Untersuchungen über das Schwanken des Pepsingehalts im menschlichen Harn ein bestimmtes gesetzmässiges Vorkommen des Ferments in der Richtung gefunden, dass im normalen menschlichen Hungerharn (Morgenharn) mehr Pepsin enthalten ist, als im Harn, der kurze Zeit nach einer reichlichen Mahlzeit ausgeschieden wird und haben für den Gehalt des Harns an Pepsin bestimmte stets sich wiederholende

Curven gezeichnet, aus denen hervorgeht, dass der grössere oder geringere Pepsingehalt des Harns von der Nahrungsaufnahme abhängig ist.

Ich habe zunächst diese Versuche an Harnen von verschiedenen Personen (darunter auch an demjenigen eines Knaben von $1^3/_4$ Jahren) wiederholt und bin in Bezug auf die Pepsinausscheidung im normalen Harn zu fast den gleichen Resultaten gelangt. Einige meiner Versuche sollen zunächst hier folgen.

Versuch I.

Zeit.	Harnmenge.	React.	Spec. Gew.	Gehalt an Pepsin. rel. 1)	Gehalt an Pepsin. abs. 2)
7.30	147 (33) ccm	sauer	1017	3	99
8.30	44	"	1016	3	132
9.30	44	"	1016	4	176
10.30	42	"	1016	4	168
11.30	50	"	1015	4	200
12.30	53	"	1015	6	318
1.30	49	"	1016	5	245
2.30	45	"	1017	4	180
3.30	60	neutral	1015	3	180
4.30	51	sauer	1015	1	51
5.30	50	"	1016	2	100
6.30	43	"	1017	4	172



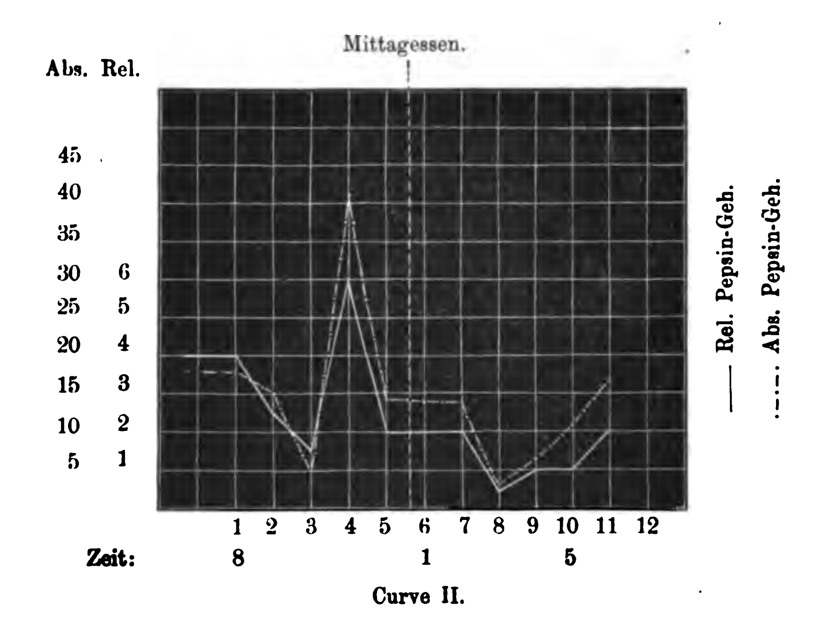
Curve I.

1) Die Zahlen bedeuten den Grad der Färbung, wie oben angegeben.

2) Diese Zahlen sind erhalten durch Multiplication der relativen Zahlen mit den Harnmengen.

Versuch II.

Zeit.	Harnmenge.	React.	Spec. Gew.	Peps.-Geh. rel.	Peps.-Geh. abs.
8	Seit 4 Uhr 178 (45) ccm	sauer	1020	4	18
9	60 ccm	"	1020	2—3	15
10	32	"	1017,5	1—2	5
11	69	"	1015	6	41
12	71	"	1015	2	14
1	70	"	1016	2	14
2	72	"	1016,5	2	14
3	61	schwach alkalisch	1019	0—1	3
4	77	neutral	1018,5	1	7
5	116	"	1015	1	12
6	84	schwach sauer	1017	2	17



Curve II.

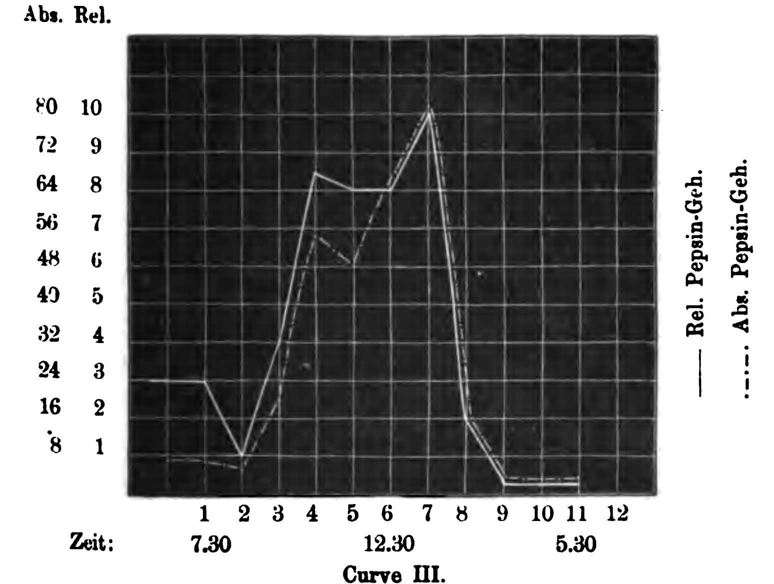
In ähnlicher Weise wie Curve I verlaufen die meisten, die man sich nach den Befunden construirt; wenn allerdings auch in einigen, wie in Curve II, schon Vormittags sich theilweise nicht verständliche Schwankungen zeigen, so ist doch das Absinken der Curven 2—4 Stunden nach der Hauptmahlzeit stets deutlich und meist ein ziemlich jähes. Dass diese Verhältnisse nicht von der

Tageszeit, sondern in der That von der Nahrungsaufnahme abhängen, beweisen andere von Gehrig unternommene und von mir bestätigte Versuche, bei denen den Tag über gehungert und die Hauptmahlzeit bis Abend hinausgeschoben wurde. Ein anderer meiner Versuche möge hier noch Platz finden.

Versuch III.

Ich nahm in möglichst gleichen Zwischenräumen Nahrung zu mir, um zu sehen, wie sich alsdann die Pepsinausscheidung im Harn verhielt. Die Nahrung bestand von früh 7 Uhr 30 Min. bis 12.30 Mittags stündlich in je 1 Tasse Cacao, einem Milchbrödchen und einem halben Ei. Um 1 Uhr hatte ich ein so starkes Sättigungsgefühl, dass ich die Mahlzeiten nicht mehr hätte fortsetzen können.

Zeit.	Harnmenge.	React.	Spec. Gew.	Pepsin-Geh. rel.	Pepsin-Geh. abs.
7.30	Seit 3 Uhr 110 (44) ccm	sauer	1019	3	7
8.30	60	"	1018	1	6
9.30	49	"	1019	4	20
10.30	65	"	1015	8—9	55
11.30	60	"	1016	8	48
12.30	80	"	1015	8	64
1.30	80	"	1015	10	80
2.30	78	"	1015	2	16
3.30	100	"	1012	Spuren	
4.30	86	schwach sauer	1015	"	
5.30	62	" "	1015	"	



Curve III.

Die kleinen Mahlzeiten, welche ich stündlich zu mir nahm, wirkten also erst von dem Augenblick pepsinvermindernd auf den Harn, als bei mir ein ausgesprochenes Sättigungsgefühl eingetreten war. Sie glichen hierin einer über das gewöhnliche Maass hinaus verlängerten Hauptmahlzeit. Auch hielt die Pepsinarmuth im Harn viel länger an als gewöhnlich, nämlich 3—4 Stunden, während sonst schon nach einer Stunde die Curve wieder anzusteigen pflegt.

Nach Bestätigung dieser Ergebnisse für den normalen Harn lag mir vor Allem daran, Harn solcher Personen zu untersuchen, bei denen eine Erkrankung des Magens auf Abweichungen vom normalen Befund schliessen liess. Zunächst dachte ich natürlich daran, Harn von Patienten, bei denen ein carcinoma ventriculi unzweifelhaft diagnostisch feststand, zu untersuchen. Ich nahm die Untersuchung an Morgenharnen, als den erfahrungsgemäss pepsinreichsten, vor. Zum Vergleich dienten meine Morgenharne und die anderer Personen. In den 3 Fällen, die ich untersuchte, fand ich stets eine beträchtliche Verminderung, doch nie ein vollständiges Fehlen des Pepsins im Harn. Leo[1]) hatte bei den gleichen Untersuchungen zuweilen auch vollständig pepsinfreie Harne gefunden. So erfreulich jene Resultate mir erschienen, so wurden sie doch dadurch in ihrer praktischen Bedeutung beträchtlich abgeschwächt, als ich in 2 Fällen den Harn von Personen, die mit ulcus ventriculi behaftet waren, untersuchte und in dem einen Falle eine ebenso beträchtliche Verminderung des Pepsins, in dem andern sogar nur Spuren davon fand. Es ist nun nicht anzunehmen, dass ein ulcus rotundum eine so beträchtliche Zerstörung der Magenschleimhaut herbeiführt, dass eine gleich grosse Menge von Drüsenzellen ausgeschaltet und functionsunfähig wird, wie bei carcinoma ventriculi.

Meine beiden Patienten mit ulcus ventriculi befanden sich nun in einem sehr schlechten Ernährungszustande und ich muss um so mehr annehmen, dass die durch letzteren bedingten Störungen die Bildung und Ausscheidung des Pepsins herabsetzten, als ich auch bei einem Phtisiker mit sonst gesundem Magen und Leo bei Typhuskranken eine bedeutende Verminderung des Pepsingehalts im Harn fanden. Ich glaube desshalb nicht, dass man,

---

1) Dieses Archiv, Bd. XXXVII, S. 226.

ohne weitere Anhaltspunkte aus dem geringeren Pepsingehalt des Harns ein carcinoma ventriculi diagnosticiren kann.

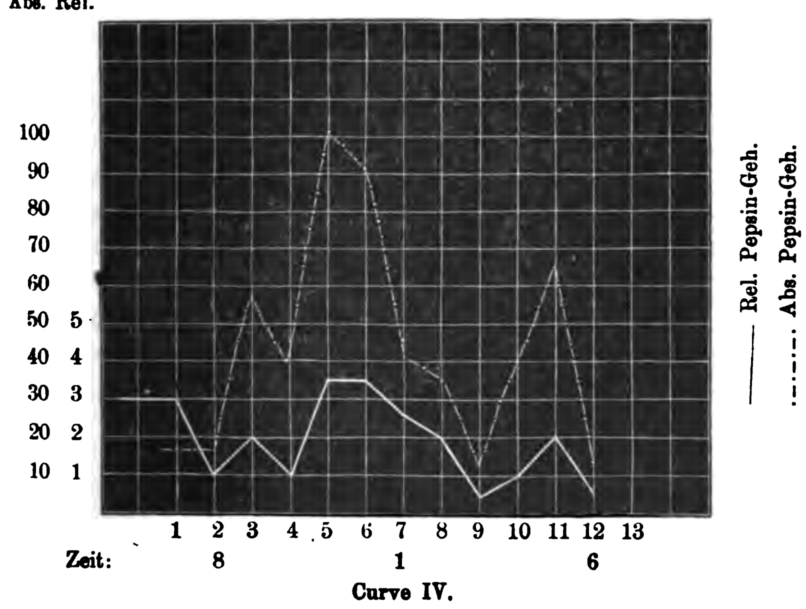
Zu einem nicht erwarteten Resultate gelangte ich auch bei der Untersuchung des Harns von Diabetikern. Von 2 an verschiedenen Personen angestellten Versuchen, an Patienten, von denen einer nach längerer Behandlung mit strenger Diät noch etwa 2%, der andere nur noch Spuren von Zucker producirte, will ich einen hier folgen lassen.

Versuch IV.

Untersuchung des Harns eines Diabetikers auf Pepsin.

Zeit.	Harnmenge.	React.	Spec. Gew.	Pepsingehalt. rel.	abs.
Von ? —$6^1/_4$ Uhr	800 ccm	sauer	1030	3	—
$6^1/_4$—8	300 (170)	„	1030	1	170
8—9	290	„	1024,5	2	580
9—10	400	„	1016	1	400
10—11	320	„	1019,5	3—4	1020
11—12	280	„	1016	3—4	930
12—1	170	„	1021,5	2—3	425
1—2	180	„	1029	2	360
2—3	250	„	1028	0—1	125
3—4	400	„	1026	1	400
4—5	330	„	1025	2	660
5—6	290	„	1025	0—1	145

Um 7 Uhr erhielt der Kranke Kaffee, zugleich Butter und 10 hartgesottene Eier, um 9 Uhr eine Portion Schinken, Ochsenmaulsalat und einen Schoppen Wein, um 12 Uhr ein halb Pfund Fleisch, Suppe und grünen Salat, um 2 Uhr Kaffee, ein halb Pfund Fleisch und Gurken, schliesslich um 7 Uhr Suppe mit Ei, Fleisch und Salat.



Curve IV.

Ich erwartete in diesem Falle, wo der Patient sehr grosse Mengen eiweisshaltiger Nahrungsmittel fast ununterbrochen zu sich nahm, eine beträchtliche Verminderung des Fermentgehaltes zu finden, in der Annahme, dass, wie nach der Hauptmahlzeit im normalen Harn, hier constant nur Spuren von Pepsin sich finden würden, zumal das Ferment in dem stark verdünnten Harn, von dem ich auch nur 20 ccm zu den Versuchen nahm, an und für sich mehr vertheilt wird. Dessen ungeachtet zeigte sich in den stündlich untersuchten Harnen eine relativ grosse Menge Pepsins und nur gegen 3 Uhr fand vorübergehend ein bedeutendes Absinken der Curve statt.

Die Erklärung dieser Thatsachen kann natürlich nur eine hypothetische sein; man möchte fast annehmen, dass durch die schon längere Zeit andauernde eiweisshaltige Kost die Drüsen mehr Ferment producirten oder was mir wahrscheinlicher, dass weniger von dem in den Kreislauf gelangenden Ferment zerstört und demnach mehr durch den Harn abgeschieden wird.

Ueber letzteren Punkt will ich noch einige von mir angestellte Untersuchungen mittheilen. Kühne[1]) erwähnt, dass das Pepsin durch ätzende Alkalien schnell zerstört, durch schwache Sodalösungen dagegen nur vorübergehend unwirksam gemacht würde, so dass eine passende Ansäuerung die Wirksamkeit des Fermentes wiederherstellt. — Auch Langley[2]) hat umfassende Untersuchungen hierüber angestellt und ist auf Grund derselben unter Anderem zu der Anschauung gelangt, dass schon eine Sodalösung von 1% bei Körperwärme das Pepsin sehr schnell und endgültig zerstört.

Hierauf fussend könnte man einwenden, dass die kleinen Pepsinmengen, die sich im menschlichen Harne einige Stunden nach der Mahlzeit finden, durch die zu gleicher Zeit meist auftretende Alcaleszenz des Harns bedingt würden. Durch Zusatz von einigen Tropfen Natr. caust. zu pepsinhaltigem Harne konnte man sich leicht überzeugen von der zerstörenden Wirkung jenes Stoffes; dagegen habe ich durch Einnehmen von genügenden Mengen Natr. bicarb. auf die Dauer eines Versuchs leicht meinen Harn stark

1) Lehrbuch der physiol. Chemie. 1868.
2) Journal of physiology, Vol. III, p. 246, 1880—82.

alkalisch machen können, ohne einen wesentlichen Unterschied der in diesem Versuch gewonnenen Ausscheidungscurven von den normalen zu finden. Es ist also nicht anzunehmen, dass die Alkalescenz des menschlichen Harns an dem geringen Pepsingehalt des nach der Mahlzeit gelassenen Harns wesentlich Schuld sei.

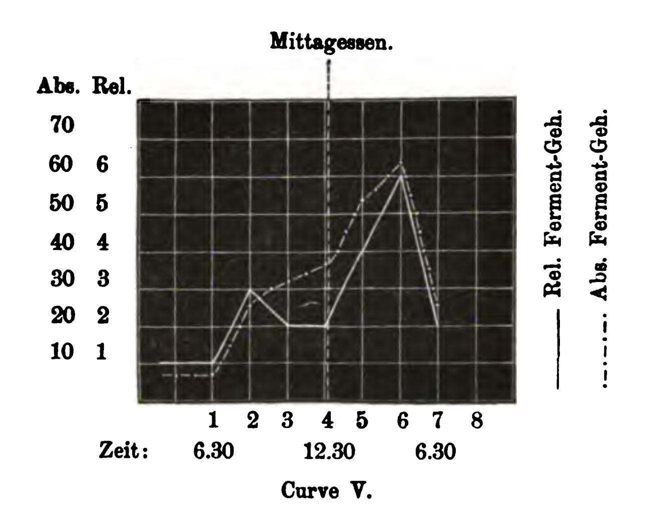
Auch das Verhalten des Harns selbst gegen Pepsin habe ich geprüft, um zu sehen, ob der Pepsingehalt durch längeres Stehen des Harns abnimmt. Da man nur auf direkt vergleichende Weise den höheren oder geringeren Gehalt an Ferment gut schätzt, so konnte man nicht gut zunächst in dem höheren frischen Harne verdauen lassen, und dann gleichen Harn, der 24 Stunden gestanden, auf seine Verdauungskraft prüfen. Ich stellte daher Untersuchungen in der Art an, dass ich zu etwa 20 ccm Nachmittagsharn, von dem ich mich überzeugt hatte, dass er nur Spuren von Pepsin enthielt (einen vollständig pepsinfreien Harn fand ich nie) mit einer Pipette 0,2 ccm eines Pepsinsextractes sowie ein gleiches Quantum zu einer gleich grossen Menge destillirten Wassers setzte. Liess ich nun beide Reagensgläschen, in die ich gleiche Quantitäten Fibrin gebracht, einige Zeit stehen und untersuchte dann auf Pepsin, so zeigte stets der Harn mit dem Pepsin eine etwas grössere verdauende Wirkung, als das pepsinhaltige Wasser. Der Harn zerstört also das Pepsin nicht. Warum ich diese Versuche anstellte, wird man bei den gleichen Untersuchungen auf Trypsin erklärlich finden.

2. Diastatisches Ferment.

Auch für das diastatische Ferment fand Gehrig und völlig unabhängig von ihm mit einer anderen Methode Holovtschiner eine nach den Tageszeiten verschiedene, von der Nahrungsaufnahme abhängige Ausscheidung im Harn. Allein während beim Pepsin die geringste Menge 2—4 Stunden nach der Mahlzeit im Harne erschien, war das Verhalten des diastatischen Fermentes des Menschen ein nahezu umgekehrtes, indem bei einer geringen Fermentmenge des Vormittags- resp. Hungerharnes der Harn die entsprechende Zeit nach der Mahlzeit die grösste Menge des diastatischen Fermentes enthielt. Der folgende von mir angestellte mit den Gehrig'schen Resultaten übereinstimmende Versuch möge dies veranschaulichen:

Versuch V.

Zeit.	Harnmenge.	React.	Spec.Gew.	Gehalt an diast. Ferm. rel.	abs.
6.30 (Seit 4.30)	74	sauer	1018	1	74
8.30	86	„	1017	3	258
10.30	162	„	1015	2	324
12.30	180	„	1015	2	360
2.30	135	„	1016	4	540
4.30	107	neutral	1016	6	642
6.30	107	schwach sauer	1016	2	204



Curve V.

Bemerken will ich, dass Holovtschiner das gleiche Ansteigen constatirt hat, doch zeigen seine Curven unmittelbar nach der Mahlzeit eine kleine Einsenkung, die sich bei meinen Versuchen niemals fand.

Untersuchungen des Kaninchenharns zeigten mir insofern Uebereinstimmung mit den am Menschen gewonnenen Resultaten, als auch hier der Hungerharn in der Regel eine prozentisch geringere Menge an diastatischem Ferment enthält, als der Harn nach der Fütterung. Bestimmte Curven zu zeichnen, ist aber hier desshalb nicht leicht, weil die Thiere, nachdem sie längere Zeit gehungert, nicht sogleich eine grössere Quantität Nahrung zu sich nehmen, und man sie infolgedessen mehrere Stunden fressen lassen muss, bis man das charakteristische Zunehmen des diastatischen Fer-

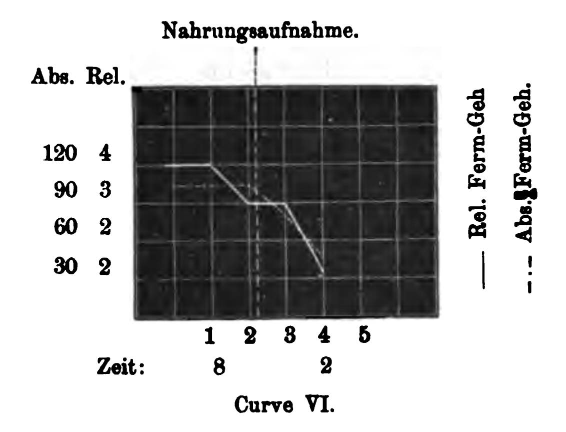
mentes im Harne findet[1]). Anders dagegen verhält sich das Vorkommen des diastatischen Fermentes im Hundeharn. Hier zeigt das Ferment ein dem Pepsin durchaus ähnliches Verhalten, d. h. im Hungerzustande enthält der Harn reichliche Fermentmengen, während der Fermentgehalt des Harnes kurze Zeit nach der Nahrungsaufnahme sein Minimum erreicht, wie auch Gehrig gefunden hat.

Versuch VI.

Untersuchung des Hundeharns auf diastatisches Ferment.

(Der Hund hungert seit 14 Stunden. Um 11 Uhr erhält er reichliches Futter.)

Zeit.	Harnmenge.	Reaction.	Gehalt an diast. Ferment. rel.	abs.
1. 8 Uhr	80 ccm seit?	sauer	4	—
2. 10	35	„	3	105
3. 12	28	„	3	84
4. 2	45	„	1	45



Curve VI.

Die Verschiedenheit der Ausscheidung des diastatischen Fermentes im Harne des Menschen (und wahrscheinlich des Kaninchens) einerseits und des Hundes andererseits ist man natürlich geneigt und wohl auch berechtigt, darin zu suchen, dass der Speichel des

1) Im Uebrigen habe ich über diesen Punkt keine so ausführlichen Versuche wie Gehrig angestellt und habe daher über die absoluten Mengen des ausgeschiedenen Fermentes kein Urtheil.

Hundes gar nicht oder doch nur in sehr geringem Grade diastatisch wirkt, und dass wir in dem einen Falle nur das diastatische Ferment des Pancreas, im andern Falle das des Pancreas und der Speicheldrüsen des Mundes im Harne finden.

Um eine Ausscheidungscurve der Fermente der Mundspeicheldrüsen allein zu erhalten, unterband ich Kaninchen den Pancreasgang und glaubte nun noch ausgesprochener das Ansteigen des diastatischen Fermentes nach der Nahrungsaufnahme zu finden, als dies bei intakten Thieren der Fall ist. Doch zeigte die Ausscheidung durch den Harn niemals ein solches Verhalten; im Gegentheil enthielt der Harn des gefütterten Thieres in der Mehrzahl der Fälle geringere Mengen des Fermentes als der Harn des Hungernden. Eine Erklärung dieser Thatsache will ich an späterer Stelle versuchen.

In analoger Weise wie beim Pepsin untersuchte ich auch das Verhalten des diastatischen Fermentes dem Harn gegenüber und fand, dass der Harn die Wirkung dieses Stoffes nicht beeinträchtigt und das Ferment in keiner nachweisbaren Weise schädigt.

3. Trypsin.

Konnte ich für das Pepsin und das diastatische Ferment die Resultate meiner Vorgänger auf diesem Gebiete leicht bestätigen, so war ich um so mehr überrascht, bei den Untersuchungen des Harns auf Trypsin nur zu negativen Ergebnissen zu gelangen.

Schon Sahli hatte in seiner Arbeit das Vorhandensein des Trypsins im Harn angenommen, und Gehrig dasselbe nicht nur bestätigt, sondern auch Schwankungen in dem Gehalte des Harns an Trypsin je nach der Nahrungsaufnahme gesehen, ähnlich den Verhältnissen, die er für das Pepsin gefunden.

Bald nachdem Sahli seine Arbeit veröffentlicht hatte, erschien eine Entgegnung Leo's[1]), der die Erscheinungen der Lösung des Fibrins in alkalischen Flüssigkeiten der Fäulniss zuschrieb und behauptete, bei gehörigem Ausschluss der Fäulniss durch Desinfection niemals Verdauung gesehen zu haben. Dieselbe Ansicht verfocht er in einer zweiten Arbeit[2]), in der er sich

---

1) Dies Archiv, Bd. XXXVII, S. 223.

2) Dies Archiv, Bd. XXXIX, S. 246.

gegen die Gehrig'schen Resultate wandte, der an dem Vorhandensein des Trypsins im Harne festhielt und durch alkoholische Thymollösung genügende Desinfection vorgenommen zu haben glaubte.

Auch ich konnte weder im normalen Harn des Menschen noch im normalen Hundeharn jemals Trypsin finden, trotzdem ich versuchte, alle möglichen günstigen Bedingungen herzustellen, vor allem das etwa als Protrypsin im Harn vorhandene Zymogen in fertiges wirksames Ferment umzuwandeln. Meine Versuche hatten negativen Erfolg, wie die Leo's und wie schon früher diejenigen Kühne's[1]), der auch vergeblich den Harn auf Trypsin untersuchte. Aber es standen diesen Angaben von zwei verschiedenen Seiten positive Befunde entgegen, die meistens ein schwereres Gewicht haben, als negative, so dass ich lange Zeit glaubte, das Trypsin im Harne doch noch finden zu können. Ich habe es nicht gefunden, glaube im Gegentheil beweisen zu können, dass Trypsin im normalen Harn kaum vorkommen kann.

Setzt man nämlich zu 20 ccm Harn einige Tropfen eines wirksamen Pancreasextractes und lässt beides eine Weile stehen, so findet man, dass das Trypsin durch den Harn in verhältnissmässig kurzer Zeit zerstört ist. Sollte also das Trypsin bis in den Harn gelangen, so würde es hier sicher vernichtet werden. Ueber die Schnelligkeit dieser Vernichtung kann man absolute Zahlen insofern nicht gut geben, als man die Stärke des zugesetzten Trypsinextractes nicht genau zu bestimmen vermag.

Ich stellte die Versuche meist in der Weise an, dass ich in 4 Reagensgläschen je 20 ccm Harn, in ein 5tes 20 ccm destillirtes Wasser brachte; dann setzte ich zu dem Gläschen mit Wasser und einem Gläschen Harn je 2 Tropfen Pancreasextract, nach 15 Minuten zu der 2ten, nach 30 Minuten zu der 3ten und nach 45 Minuten zu der 4 ten Harnprobe ein gleiches Quantum Extract. Jetzt legte ich in sämmtliche 5 Gläschen gleiche Mengen von mit Mag-

---

1) Auch Grützner äussert sich in seiner oben erwähnten Mittheilung (S. 149) über diesen Punkt folgendermaassen. „Schüttet man über Fibrinflocken, die im Harn gelegen, Wasser, so werden sie, wenn auch nach längerer Zeit, verdaut, versetzt man sie dagegen mit einprozentiger Natriumcarbonatlösung, so sind sie noch nach Tagen absolut unverdaut. In der über ihnen stehenden Flüssigkeit lassen sich keine Peptone nachweisen, was sonst (bei Wasser- oder Salzsäurezusatz) leicht gelingt."

dalaroth gefärbtem Fibrin, liess das Ganze eine Viertelstunde stehen und goss dann Harn resp. Wasser ab.

Uebergoss ich nun in allen 5 Gläschen das Fibrin mit 1% Sodalösung, so zeigte sich, dass das Fibrin, welches in dem trypsinhaltigen Wasser gelegen, sehr schnell verdaut wurde; ferner zeigte Gläschen 4 der Harnproben noch Spuren von Verdauung; in den anderen Gläschen blieb das Fibrin vollkommen ungelöst. Am schnellsten zerstörend wirkt übrigens saurer Harn, weniger alkalischer und am allerwenigsten gekochter Harn. Das wesentlich Zerstörende dürfte daher neben der Säure wohl das Pepsin im Harn sein, welches, wie Kühne, Mays und C. A. Ewald gefunden, um so schneller zerstört, je mehr sich davon in der Flüssigkeit befindet.

Anders verhielt es sich, wenn ich grössere Mengen Pancreasextract zusetzte, indem dann oft noch Gläschen 3 Verdauung zeigte. Wurden die Trypsinmengen sehr gross, so zeigte sich in allen Gläschen Lösung des Fibrin.

Diese letzteren Verhältnisse vermögen aber an meiner Ansicht, dass im Harn in der Regel kein Trypsin erscheinen kann, nichts zu ändern, da so grosse Mengen Trypsin in den Harn normaler Weise niemals gelangen dürften. Bewirken ja schon die oben erwähnten 2 Tropfen meines sehr wirksamen Pancreasextractes so starke und schnelle Verdauung, wie ich sie im Harn für das Pepsin niemals gesehen habe.

Schliesslich habe ich noch die Erfahrung gemacht, dass Trypsin, welches von Fibrin aufgesogen war, viel schwerer durch Harn zerstört wird, als Ferment, welches direkt mit Harn vermischt wird.

Wo bleibt nun das Trypsin? Es muss jedenfalls ebenso wie das Pepsin ins Blut und in die Gewebe gelangen. Hier war daher auf dasselbe zu fahnden. Zuerst suchte ich mir günstigere Untersuchungsbedingungen dadurch herzustellen, dass ich mit möglichst grossen Quantitäten arbeitete. Mir genügte nicht die Protrypsinmenge, die meiner Ansicht nach aus der Drüse ins Blut gelangte und die Trypsinmengen, welche aus dem Secret durch die Darmwand aufgesaugt werden mussten (denn die Zerstörung des Fermentes erfolgt ja nicht augenblicklich); ich führte vielmehr noch direkt Trypsin ins Blut ein. Zu diesem Zwecke öffnete ich bei einem Kaninchen eine Halsvene und liess durch eine Pipette

etwa 1 ccm meines Extractes, mit der dreifachen Menge physiol. Na-Cl-Lösung verdünnt, in dieselbe einlaufen; nach 5—10 Minuten tödtete ich das Thier und untersuchte nun die verschiedensten Gewebe auf Trypsin. Im Harn und Blut fand ich es nie; dagegen strotzte die Lunge von Trypsin; ebenso fanden sich in Leber, Milz und Nieren deutliche Mengen des Fermentes. Das Trypsin ist also zum grössten Theile von den Lungen festgehalten worden. Was vom Ferment weitergegangen ist, hat das Blut bald an Leber, Milz und Nieren abgegeben. Es war dies für mich ein Fingerzeig, wo ich das Trypsin suchen sollte. Nimmt bei der Einführung des Fermentes in die vena jugularis die Lunge das meiste Ferment auf, so muss im normalen Thierkörper das Trypsin am ehesten in der Leber zu finden sein: denn hierhin gelangt das Ferment zuerst aus der Pfortader. Diese Vermuthung musste man umsomehr hegen, als ja die Leber in hohem Grade befähigt ist, gelöste und ungelöste Fremdkörper des Blutes festzuhalten, wenn sie auf dem Wege der Pfortader in sie gelangen.

Untersuchte man nun bei Thieren die Leber, so fand sich stets ein Ferment, welches in alkalischer Lösung Eiweisskörper schnell löst, in deutlicher Menge. In geringerem Grade zeigte es sich auch in der Milz und den Nieren. Einige diesbezügliche Versuche, die ich an den verschiedensten Thieren angestellt habe, will ich hier folgen lassen.

Die Versuche an und für sich sind ziemlich einfach: Ich zerkleinerte von den betreffenden Organen, die ich auf Trypsin untersuchen wollte, möglichst gleiche Theile mit der Schere, zerrieb sie fein in einer Reibschale und extrahirte dieselben zwei Stunden lang mit Wasser. Das Extract filtrirte ich sodann in ein Reagensgläschen, in welches ich vorher gefärbtes Fibrin gebracht, liess es eine Stunde stehen und liess das Fibrin, nachdem ich es noch sorgfältig abgespült hatte, in 1% Soda verdauen.

Um sicher zu sein, dass das Fibrin keinen Farbstoff abgegeben, übergoss ich stets noch einen Theil Fibrin, welcher nicht in fermenthaltiger Flüssigkeit gelegen hatte, mit Sodalösung, sah aber niemals Färbung der letzteren eintreten. Bemerken will ich auch, um jedem Einwand zu begegnen, als handle es sich bei der Anwendung des gefärbten Fibrins um Lösung des Farbstoffes und nicht um Verdauung, dass ich sowohl die Biuretreaktion zur Bestätigung öfter anwandte, als auch zuweilen die Peptone durch

Jodquecksilberjodkalium ausfällte. Zur Controle untersuchte ich meist einen Theil des gekochten Organs, natürlich stets mit negativem Erfolge.

In einigen Fällen suchte ich noch etwaige Unterschiede in dem Fermentgehalte der Organe eines gefütterten Thieres und eines solchen, welches längere Zeit gehungert hatte, zu erforschen.

Versuch I, Kaninchen.

Untersuchung der Leber und Milz auf Trypsin.

	Trypsingehalt.
Leber	2
Milz	1

Versuch II, Meerschweinchen.

	Trypsingehalt.
Leber	2
Milz	2
Niere	1

Versuch III, 2 Meerschweinchen.

a) das Thier ist gefüttert.

	Trypsingehalt.
Leber	3
Milz	1
Niere	1

b) das Thier hat gehungert.

	Trypsingehalt.
Leber	2
Milz	1
Niere	Spuren.

Versuch IV, Hund.

	Trypsingehalt.
Leber	2
Milz	2
Niere	1
Lunge	—

Versuch V, Hund hat 24 Stunden gehungert.

	Trypsingehalt.
Leber	3
Milz	1
Niere	—

Versuch VI, 2 Ratten.

a) gefüttert.

	Trypsingehalt.
Leber	3
Milz	1
Pancreas	6
b) hat 18 Stunden gehungert.	
Leber	3
Milz	1
Pancreas	10

Versuch VII.

Taube.

Leber hat viel Trypsin.

Versuch VIII, Kaninchen.

	Trypsingehalt.
Leber	3
Milz	2
Niere	1

Versuch IX, Kaninchen.

Von Leber, Milz, Niere sind genau gleiche Mengen (0,6 gr) abgewogen. Alle drei bewirken deutliche Verdauung, am meisten Leber.

Versuch X, 2 Kaninchen.

a) gefüttert.

	Trypsingehalt.
Leber	3
Lunge	—
Niere	2
Milz	2
Pancreas	6
b) hat 24 Stunden gehungert.	
Leber	2
Lunge	—
Niere	1
Milz	—
Pancreas	6

Um von vornherein dem Vorwurf, als handle es sich hier bei der Fibrinlösung um eine Wirkung von Spaltpilzen, vorzubeugen, habe ich zum Schluss noch einen Versuch in folgender Weise unternommen. Ich sterilisirte sämmtliche Gefässe und Instrumente, die ich zu dem Versuche gebrauchte, vertheilte in 3 Reagensgläschen gleiche Mengen Fibrin, verschloss sie mit Baumwolle und brachte sie in den Koch'schen Apparat für strömenden Dampf. Dann brachte ich unter allen antiseptischen Cautelen von Leber, Niere und Milz ungefähr gleiche Stücke in die vorher sterilisirten Reibschalen, welche unter einer Glasglocke bereit standen und zerkleinerte hier die Organe, wobei ich allerdings die Glasglocke vorsichtig lüften musste. Die mit sterilem Wasser gewonnenen Extrakte filtrirte ich sodann wieder unter Abschluss der äusseren Luft durch sterilisirte Filter, goss nach kurzer Zeit die Flüssigkeit vorsichtig ab und Sodalösung zu. Der Erfolg war der gleiche, wie in den anderen Fällen; Leber- und Milzextrakte verdauten sehr stark. Es war nun allerdings noch nicht bewiesen, dass nicht doch Fäulnisserreger in die Flüssigkeit gekommen, da der ganze Versuch nicht vollständig unter Ausschluss der äusseren, nicht bakterienfreien Luft durchgeführt werden konnte, doch liessen sich durch die mikroskopische bakteriologische Untersuchung weder in der Sodalösung noch in dem Fibrin Spaltpilze nachweisen. Auch die Kürze der Zeitdauer meiner Versuche — sie waren meist in 5—6 Stunden vollständig vollendet — spricht gegen Bakterienwirkung.

Schliesslich will ich noch versuchen, die Versuchsergebnisse Gehrig's theilweise zu erklären. Zufällig war der weibliche Hund, an welchem Gehrig experimentirt hatte, noch vorhanden. Liess ich nun den Harn dieses Thieres 1—2 Stunden auf Fibrin stehen und brachte dasselbe später mit Sodalösung in Brutwärme, so zeigte sich zumeist und zwar vor Allem bei dem Hungerharn eine ungemein schnelle und starke Lösung des Fibrins, welches bröcklich zerfiel und sich in Pepton verwandelte. Es war also in diesem Harn ein energisch wirksames, tryptisches Ferment in grosser Menge vorhanden. Ich konnte jedoch diesen Versuch nicht als beweisend anerkennen, da ich bemerkte, dass der Hund hin und wieder die Symptome eines Blasenkatarrhs darbot. Bei der mikroskopischen Untersuchung seines Harnes fanden sich denn auch hin und wieder

zahlreiche Epithelien, weisse Blutkörperchen und Tripelphosphatkrystalle.

Ich glaube daher, und Herr Professor Grützner theilt auf Grund eigner und meiner Versuche diese meine Ansicht, dass hier der Blasenkatarrh, der wohl auch schon früher bestanden haben mochte, an diesen Erfolgen Schuld gewesen sei. Ob nun der kranke Harn das etwa in ihn gelangende Trypsin nicht zerstört oder — was wahrscheinlicher — hier von vorn herein die Wirkung eines geformten, nicht eines ungeformten Fermentes vorliegt, darüber habe ich keine Erfahrungen gesammelt und habe dem zu Folge auch kein Urtheil. Der Harn anderer Hunde, die nicht katheterisirt wurden, zeigte mir überdies jene peptischen Eigenschaften ebenso wenig, wie normaler menschlicher Harn.

Was weiter die tryptische Wirkung der übrigen früher untersuchten Harne anlangt, so glaubt Herr Professor Grützner, dass sowohl bei seinen eignen, als auch bei den späteren Versuchen von Sahli und Gehrig eine Verwechselung eines geformten mit einem ungeformten Ferment nicht unbedingt ausgeschlossen war, weil die Fermentwirkungen immer verhältnissmässig sehr spät (s. S. 163) auftraten und unter solchen Umständen eine sichere Unterscheidung beider Fermente fast zu den Unmöglichkeiten gehört. So leicht nämlich diese Unterscheidung ist, wenn es sich um irgendwie grössere Fermentmengen handelt, so schwierig wird sie, wenn nur geringfügige Spuren von Ferment vorhanden sind; denn alle antifermentativen Stoffe, welche die eine Art von Fermenten zerstört, schädigt oder zerstört auch die andere, vorausgesetzt, dass es sich eben nur um Spuren handelt. Zudem kommt bei den Versuchen von Gehrig noch die häufige Entfernung des Harnes mit dem Katheter, sowie das längere Stehenlassen desselben in Gefässen hinzu, Maassnahmen, welche beide den Ausschluss von Mikroorganismen beinahe unmöglich machen.

Schliesslich sei noch folgender Versuch mitgetheilt. Wenn man in normalen, frischen menschlichen Harn eine Spur von den weisslichen Massen legt, die sich in den Rinnen von Pissoirs finden, den Harn einige Minuten damit stehen lässt, Fibrin hineinlegt und dieses mit Sodalösung übergiesst, so wird es in Brutwärme oft in kürzester Zeit vollkommen, wie von einer starken Trypsinlösung verdaut.

Wenn natürlich hiermit auch nicht gesagt ist, dass kein Tryp-

sin im Harn vorkommen kann, so ist es doch zum mindesten äusserst wahrscheinlich, dass früher jene Verwechslung eines geformten mit einem ungeformten Ferment vorgelegen hat.

Schlussbemerkungen.

Aus dem Verlauf seiner Curven hat Gehrig Schlüsse gezogen auf den Weg, den die Fermente ins Blut und in den Harn nehmen. Er vertritt die Ansicht, dass das Pepsin und Trypsin in der Hauptsache unmittelbar aus den Drüsen ins Blut zurückgelangen. Denn sollten diese Fermente vom Darm aus resorbirt werden, so könnte unmöglich in der Zeit nach der Mahlzeit der Harn den geringsten Fermentgehalt aufweisen. Für das Trypsin fällt diese Ansicht zunächst weg, da es überhaupt der Regel nach im Harn nicht erscheint. Für das Pepsin bin ich gleicher Meinung, glaube aber hier noch einen andern Gesichtspunkt in den Vordergrund stellen zu müssen. Offenbar kann wenig Ferment im Harn erscheinen, nicht blos deshalb weil wenig ins Blut gelangt, sondern auch deshalb weil grosse Fermentmengen auf ihrem Wege von dem Ausführungsgang der Drüse durchs Blut bis zur Niere der Zerstörung anheim fallen.

Das Pepsin, welches mit dem Speisebrei in das Duodenum gelangt, wird sehr schnell durch die Galle und die hier vorhandene alkalische Reaction des Darminhalts vollständig vernichtet. Das Trypsin fand Leo bereits im unteren Drittel des Dünndarms nicht mehr vor. Die Aufnahme vom Darm aus kann in Folge dessen für beide Fermente nur eine geringe sein. Bleibt nur der Rückfluss ins Blut aus den Drüsan als Hauptfactor bestehen. Anders verhält sich die Sache beim diastatischen Ferment. Die Widerstandsfähigkeit desselben befähigt es, sowohl von der Drüse selbst, als auch, und wohl zum grössten Theile, vom Darm aus ins Blut und von da zur Ausscheidung zu gelangen. Im Darmtractus werden von dem diastatischen Ferment der Mundspeicheldrüsen zwar nur geringe, aber keineswegs verschwindende Mengen vorhanden sein; denn von den verschluckten Speisen, die in den Magen gelangen, treten einige sofort wieder aus dem Magen heraus; die Säure des Magens kann dies Speichelferment also gar nicht zerstört haben. Aehnlich dürfte es sich mit dem Speichel verhalten, der regelmässig in bestimmten Pausen hinabgeschluckt wird; es wird also fortwährend diastatisches Ferment resorbirt. Hierzu kommt nun noch

das diastatische Ferment des Pancreas, welches im Darm kaum zerstört wird, da es ebenso wie das Ptyalin sehr widerstandsfähig ist.

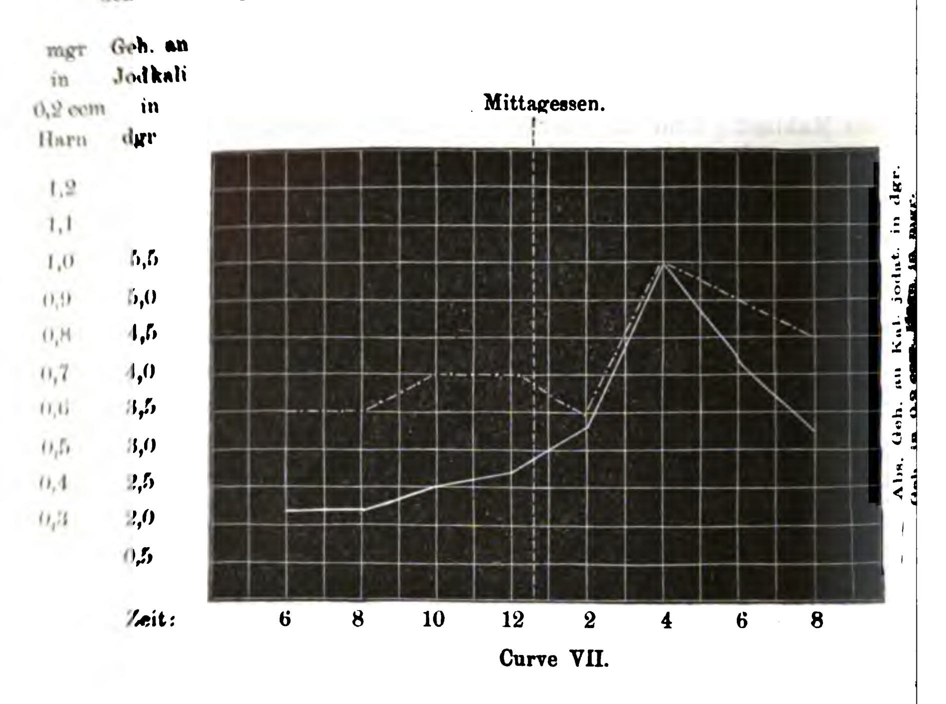
Somit erkläre ich mir, dass diese widerstandsfähigen Fermente dann in grossen Mengen im Harn erscheinen, wenn sie in grossen Massen abgesondert worden sind, also einige Stunden nach der Mahlzeit. Und dies muss um so mehr stattfinden, als schon Stoffe, von denen man in gleichen Zwischenräumen gleiche Mengen in den Körper einführt, eine ähnliche Abscheidung darbieten und in grösseren Mengen einige Stunden nach der Hauptmahlzeit ausgeschieden werden. Und in der That konnte sich Gehrig hiervon überzeugen. Er hat zu diesem Zwecke Untersuchungen mit Natr. salicyl. angestellt; ich wiederholte an mir und anderen Personen diese Versuche mit wesentlich denselben Ergebnissen, machte aber auch noch ähnliche Versuche mit Kal. jodat., welches ich quantitativ nach dem Vorschlag von Herrn Prof. Grützner in folgender einfachen Weise in den verschiedenen Harnen nachweisen konnte.

Ich nahm von jeder Harnprobe 0,2 ccm zu je 20 ccm eines dünnen Stärkekleisters und setzte mit einem Tropfenzähler vorsichtig wenige Tropfen acid. nitr. fum. zu. Auf solche Weise erhielt ich eine schöne Farbenscala, indem die jodreichen Harne dunkelblau, die jodarmen aber blassblau bis violett werden. Durch Vergleich mit Harnen von bestimmtem Jodkaliumgehalt war es mir dann möglich, die absoluten Jodmengen mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen. Sehr hübsche, wenn auch nicht so genaue Resultate ergab mir eine zweite zur Controle verwendete Methode, indem ich das Jod in dem Harn durch rauchende Salpetersäure frei machte und in gleichen Mengen Chloroform löste. Die das Jod enthaltenden Chloroformmengen, welche in der Tiefe auf dem Boden der Gläschen ruhen, sind je nach ihrem Jodgehalt matt rosa bis dunkel carmoisinroth gefärbt.

Versuch.

Ich nahm stündlich 0,2 gr Kali jodat. und untersuchte 2stündlich die Harne auf ihren Gehalt an jenem Stoff. Zugleich stellte ich mir eine Reihe von Probegläschen her, indem ich zu 20 ccm Stärkekleister 0,3 bis 1,5 ccm einer $1^0/_{00}$ Jodkalilösung zusetzte. Fand ich nun in Gläschen 1 der Probe eine gleiche Färbung wie in Gläschen 1 des Harnversuchs, so konnte ich schliessen, dass in letzteren 0,2 ccm Harn, 0,0003 gr Kali jodat. enthalten

seien, in 1 ccm folglich 0,0015 gr. Letztere Zahl musste ich noch mit der ausgeschiedenen Harnmenge multipliciren und ich erhielt die absolute durch den Harn ausgeschiedene Menge des Kalium jodatum.



Curve VII.

Eigenthümlich verhält sich nun noch die Curve des diastatischen Fermentes beim Hunde, indem nach Gehrig's und meinen Versuchen der Harn nach der Fütterung daran verarmt. Da die Mundspeicheldrüsen des Hundes kein diastatisches Ferment bilden und auch etwaige andere Drüsen des Darmrohres keine nennenswerthen Mengen liefern dürften, so bleibt allein das Pankreas als diejenige Drüse übrig, welche genanntes Ferment absondert. Es ist mir also vorläufig wahrscheinlich, dass es ähnlich wie das Pepsin durch die Nahrungssäfte auf dem langen Wege vom Pankreas bis zur Harnblase zerstört wird. Ueber das diastatische Ferment des Kaninchenharnes habe ich vorläufig noch nicht genügend Erfahrung; falls sich, wie es scheint, hin und wieder ein Unterschied ergibt zwischen der Ausscheidungscurve des Kaninchens und der des Menschen, so mag dies vielleicht darauf zurückgeführt werden können, dass die fastenden Thiere wenig oder gar keinen Speichel hinabschlucken, oder derselbe nicht so wider-

standsfähig ist, wie der des Menschen. Auch Langley findet, dass das diastatische Ferment des Mundspeichels des Kaninchens viel leichter zerstört wird, als das des Pankreas.

Ueber das Schicksal der verschiedenen Fermente im Organismus dürfte man sich nun wohl folgende Vorstellung machen. Das Trypsin, welches in den Darm gelangt, wird dort zum Theil aufgesaugt, zum Theil an Ort und Stelle zerstört, da es in den unteren Darmabschnitten nicht mehr gefunden wird. Alles, was vom Darm aus ins Blut übergeht, gelangt durch die Pfortader zunächst in die Leber, in der ein grosser Theil liegen bleibt und wahrscheinlich der Vernichtung anheimfällt. Aehnliche Vorgänge vollziehen sich vielleicht auch in den Lymphdrüsen. Auch in anderen Organen, wie Milz und Nieren, findet man das Trypsin, wie auch Hüfner[1]) feststellen konnte, der einen derartigen Stoff in Lunge und Speicheldrüsen nachwies. Was weiterhin noch im Blut vorhanden ist und in den Harn gelangt, wird hier vollständig vernichtet.

Aehnlich dem Trypsin verhält sich wahrscheinlich das Fettferment in genannter Drüse, welches nach den Arbeiten von Grützner[2]) ein äusserst vergänglicher Stoff ist. Es wird gewiss sehr schnell zerstört, findet sich kaum im Harn, wenn auch vielleicht wie das Trypsin noch in den Nieren, wo es, wie kürzlich Nencki[3]) gezeigt, noch zersetzende Wirkungen entfalten kann.

Nicht ganz analog dem Trypsin wird sich das Pepsin verhalten, da der Harn auf dasselbe keinen oder einen kaum nachweisbaren zerstörenden Einfluss ausübt. Der Harn wird also stets, wenn auch mitunter sehr geringe Mengen dieses Stoffes enthalten, im Ganzen natürlich nicht entfernt soviel, wie der Magen in der gleichen Zeit ausgeschieden hat.

Das diastatische Ferment gelangt von allen Seiten als das relativ widerstandsfähigste in das Blut und mit ihm in die verschiedensten Flüssigkeiten und Organe des Körpers und wird schliesslich von da durch die Nieren ausgeschieden, nachdem natürlich ebenfalls der bei weitem grösste Theil der Zerstörung anheimgefallen ist.

---

1) Journal für prakt. Chemie, Bd V, 1872, S. 392.
2) Dies Archiv, Bd. XII, S. 302.
3) Archiv für exp. Path. Bd. XX, p. 367.

Vor Kurzem erschien eine Arbeit von Breusing[1]), der der Ansicht Holovtschiner's entgegentritt, dass letzteres Ferment aus den verschiedenen Speicheldrüsen des Menschen stamme. Er gibt an, dass er jemals weder Traubenzucker durch Gährung habe nachweisen können, noch durch die Trommer'sche Probe positive Resultate erhalten habe. Ich habe nun allerdings der colorimetrischen Schätzung wegen meist mit der Heller'schen Methode gearbeitet, aber doch häufig genug so wie die früheren Forscher auch die Trommer'sche Probe angewendet und immer deutliche, wenn auch mitunter geringere und erst nach längerem Kochen auftretende Reduction des Kupferoxyds gesehen. Dass das Product Traubenzucker beziehungsweise ein Zucker von nahezu den gleichen Eigenschaften sei, ist nicht nöthig, da das Speichelferment, wie alle übrigen Fermente, immer dann, wenn sie entweder in sehr geringen Mengen vorhanden sind oder durch irgend welche Mittel in ihrer Wirksamkeit gehemmt werden, wesentlich nur die ersten Umwandlungsproducte liefern[2]), also in diesem Falle nicht den fertigen Zucker, sondern wie Breusing mit Recht hervorhebt, eine Vorstufe desselben. Es ist aber leicht auch mit dem Speichelferment unter obigen Bedingungen Wirkungen zu erhalten, die denen des diastatischen Fermentes im Harn ganz gleich sind.

Ich glaubte meine Arbeit soweit abgeschlossen zu haben, als Herr Prof. Grützner mich darauf aufmerksam machte, dass wenn es möglich wäre grosse Mengen Trypsin in den Harn zu bringen, der Nachweis des Fermentes im Harn noch gelingen müsste. Wir unterbanden zu dem Zweck einem gut narkotisirten Kaninchen den Ductus pancreaticus und legten in die geöffnete Harnblase einen Katheter so ein, dass der Harn unmittelbar aus den Uretheren tropfenweise in ein Reagensgläschen mit Fibrin abfloss. Alsdann gaben wir dem Thiere subcutan soviel Pilocarpin, dass reichlicher Speichelfluss eintrat. Der Harn wurde in verschiedenen Portionen aufgefangen. Während die erste kein Trypsin enthielt, zeigten sich in den späteren Portionen von der Zeit an, als der Speichel stärker floss, man also auf eine stärkere Secretion des Pancreas schliessen konnte, so ausserordentlich grosse

1) Virchow's Archiv, Bd. CVII.

2) Siehe Grützner, dies Archiv, Bd. XII, S. 297.

Mengen von tryptischem Ferment, dass dieses Fibrin, mit Sodalösung übergossen, in kürzester Zeit vollständig gelöst wurde.

Ein zweiter auf gleiche Weise angestellter Versuch hatte dieselben Ergebnisse.

Auch anderweitig modificirte Versuche, bei denen nur der Pancreasgang unterbunden wurde, liessen stets grosse Mengen von Trypsin im Harn auftreten. In wie weit man hieraus etwa Schlüsse ziehen kann auf das Vorkommen von Trypsin im Harn bei irgend welchen Störungen des Abflusses des Sekrets oder bei anderweitigen geringen Störungen des genannten Organs, die sich vom normalen vielleicht nur wenig entfernen, wird später festzustellen sein; besonders hervorzuheben aber finde ich noch, dass, wenn nur verhältnissmässig wenig Ferment aus den Gängen der Drüse ins Blut aufgenommen wird, dieses in deutlich nachweisbaren Mengen im Harn erscheint, wenn dagegen ausserordentlich viel grössere Mengen in den Darm gelangen, im Harn nichts erscheint, sondern wie wir annehmen müssen vollständig zerstört wird, ein Vorgang, der in ähnlicher Weise auch für die Galle gilt.

Die Resultate meiner Untersuchungen lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

1. Im normalen menschlichen Harn sind je nach der Nahrungsaufnahme wechselnde Mengen von Pepsin und diastatischem Ferment vorhanden.

2. Das Pepsin und das diastatische Ferment werden durch den Harn nicht oder kaum zerstört.

3. Im normalen menschlichen Harn findet sich kein Trypsin.

4. Der normale menschliche Harn zerstört geringe Mengen von Trypsin leicht.

5. Sehr grosse Mengen Trypsin werden vom Harn nicht zerstört.

6. Wird der Abfluss des Trypsins in den Darm verhindert, so tritt Trypsin reichlich im Harn auf.

7. Trypsin findet sich in Leber, Milz[1]) und Niere verschiedener Thiere.

---

1) Erwähnt sei noch, dass die Resultate Herzens, der das Pancreas mit Milz verrieben, stärker verdauen sah, als ersteres allein, vielleicht zum Theil auf einer summirenden Wirkung beider Organe beruhen.

Indem ich Herrn Prof. Grützner auch an dieser Stelle für seine freundliche Anregung und fördernden Rathschläge meinen wärmsten Dank sage, bemerke ich noch, dass ich hiermit meine Untersuchungen über die Fermente im Organismus wegen Mangel an Zeit einstweilen abbreche. Verschiedene Versuche, die ich begonnen, aber noch nicht endgültig abgeschlossen, gedenke ich später wieder aufzunehmen und die Resultate mit anderen ähnlichen bereits geplanten Untersuchungen zu veröffentlichen.

Myographische Versuche am lebenden Menschen.

Von

A. Fick.

Mit 5 Holzschnitten.

Während man früher stets ausschliesslich untersuchte, wie die Länge des Muskels bei der Reizung variirt und wie hierdurch eine damit verknüpfte Masse, an der gleichzeitig eine Gegenkraft (meist Gewicht) wirkte, bewegt wird, habe ich mich seit einer Reihe von Jahren vielfach beschäftigt mit der Aenderung, welche die Spannung eines Muskels unter dem Einflusse von Reizen erleidet, wenn die Länge konstant erhalten wird. Für diesen Vorgang habe ich den Namen des „isometrischen" Muskelaktes oder wenn es sich um den Akt nach einmaligem momentanen Reiz handelt, der „isometrischen Zuckung" [1]) vorgeschlagen. Der Vorgang im gereizten Muskel bei konstanter Gegenkraft unter möglichst vollständigem Ausschlusse der Bewegung träger Massen ist dann als „isotonischer" Muskelakt zu bezeichnen.

---

1) Arbeitsleistung und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit von A. Fick. Leipzig 1882, S. 131.

Um den von Anderen bisher noch gar nicht untersuchten isometrischen Muskelakt zur graphischen Darstellung zu bringen, ist es mir, glaube ich, gelungen, hinreichend genaue und handliche Methoden auszubilden. Ein zu diesem Zwecke dienender Apparat ein „Spannungszeiger" ist von mir schon vor 5 Jahren in der oben citirten Schrift Arbeitsleistung und Wärmeentwickelung bei der Muskelthätigkeit (internat. wissensch. Bibliothek, Leipzig 1882) ausführlich beschrieben worden, neuerdings habe ich ihn noch modificirt und verbessert, wovon im weiteren Verlaufe dieser Mittheilung die Rede sein wird. Es ist selbstverständlich unmöglich, einen absolut isometrischen Muskelakt zur graphischen Darstellung zu bringen, denn wenn ein zeichnender Stift bewegt werden und durch die Grösse des Ausschlages die Spannung des Muskels gemessen werden soll, so darf der Muskel nicht zwischen zwei vollkommen starren Körpern ausgespannt sein, wie es für absolut mathematisch genaue Isometrie erforderlich wäre, die Gegenkraft gegen die Spannung muss vielmehr ausgeübt werden von einem beweglichen Körper, welcher dann eben nach Maassgabe der Spannungsgrösse einen zeichnenden Stift mehr oder weniger weit führt. Man kann aber diese Beweglichkeit so einrichten, dass bei den höchsten überhaupt in Betracht kommenden Spannungswerthen die Verkürzung des Muskels nur einen Bruchtheil eines Millimeters beträgt, so dass man den Akt wohl einen isometrischen zu nennen berechtigt ist namentlich, wenn man sich zur Untersuchung eines möglichst langen Muskels z. B. eines wenigstens 100 mm langen Doppelsemimembranosus eines einigermaassen grossen Frosches bedient.

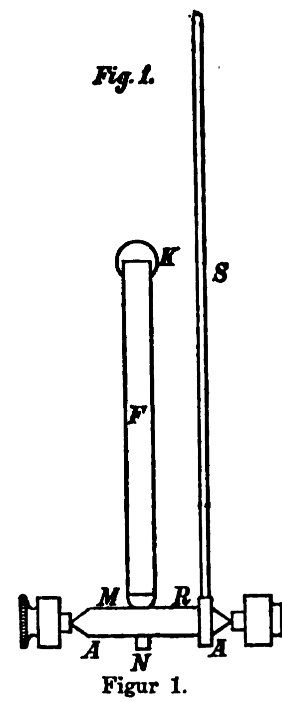
Offenbar hat die Untersuchung des isometrischen Muskelaktes und seine Vergleichung mit dem isotonischen schon an sich ein theoretisches Interesse um so mehr, als er eigentlich der allereinfachste elementarste ist, sofern ja die Aenderung der Spannung das Ursprüngliche, die Aenderung der Länge erst die Folge davon ist. Die Methoden der Beobachtung des isometrischen Muskelaktes haben aber noch ein besonderes Interesse für die Untersuchung der Eigenschaften der Muskelsubstanz im lebenden Menschen. Hier kann man gar nicht das Verhalten des Muskels unter den einfachsten Bedingungen untersuchen, so wie man ihm Zusammenziehung gestattet. Es ist z. B. gar nicht möglich, eine auch nur annähernd isotonische Zusammenziehung hervorzubringen.

Mit der Verkürzung des Muskels ändert sich die Lage der Knochen gegeneinander, damit ändert sich das Verhältniss der Hebelarme der Muskelspannung und der etwa willkürlich eingeführten konstanten Gegenkraft. Ueberdies sind immer zahlreiche Gegenkräfte durch Spannung von Bändern und andern Muskeln im Spiele, die selbst mit der Zusammenziehung des zu untersuchenden Muskels und der dadurch bedingten Veränderung in der Lage der Knochen variiren. Man sieht, die Zusammenziehung eines Muskels im lebenden Körper ist immer ein sehr verwickelter Akt, auf den unzählige Einflüsse ausgeübt werden, die nicht in dem zu untersuchenden Muskel und seiner Zustandsänderung enthalten sind.

Will man also die Grundeigenschaften des lebenden Menschenmuskels dadurch zu ergründen suchen, dass man die quantitative Abhängigkeit einer möglichst einfachen Zustandsänderung von den verursachenden Reizen und von den sonstigen Bedingungen, unter welchen sie verläuft, zum Gegenstande der Untersuchung nimmt, so kann man als solche einfachste Zustandsänderung nicht wie beim ausgeschnittenen Thiermuskel die Aenderung der Länge bei konstanter Spannung wählen. Wohl aber kann man am Muskel des lebenden Menschen die Aenderung der Spannung bei konstanter Länge genau so untersuchen, wie an einem isolirten Thiermuskel. Wenn man den Druck eines Gliedes gegen ein Widerlager messbar macht und nun den Muskel reizt, welcher das Glied andrückt, während dafür gesorgt ist, dass das Widerlager nicht merklich zurückweicht, so kann die Aenderung der Spannung des Muskels bei konstanter Länge genau verfolgt werden. In der That ändern sich ja hier die sonstigen einflusshabenden Umstände gar nicht. Da das Gelenk seine Lage beibehält, erleiden weder die Hebelarme der Muskelspannung und der Gegenkraft noch die Spannungen von Bändern und Antagonisten irgend welche Aenderung. Es dürfte daher die Behauptung gerechtfertigt sein, dass Untersuchungen über den Verlauf des isometrischen Muskelaktes viel neuen Aufschluss über die besonderen Eigenschaften der Muskelsubstanz des lebenden Menschen versprechen, und ich glaube schon in einer ersten Untersuchung dieser Art einige bemerkenswerthe Ergebnisse gefunden zu haben, die ich nachstehend mittheilen will.

Als Objekt der Untersuchung habe ich einen Muskel gewählt, der, wie mir scheint, ganz besonders geeignet für solche Versuche

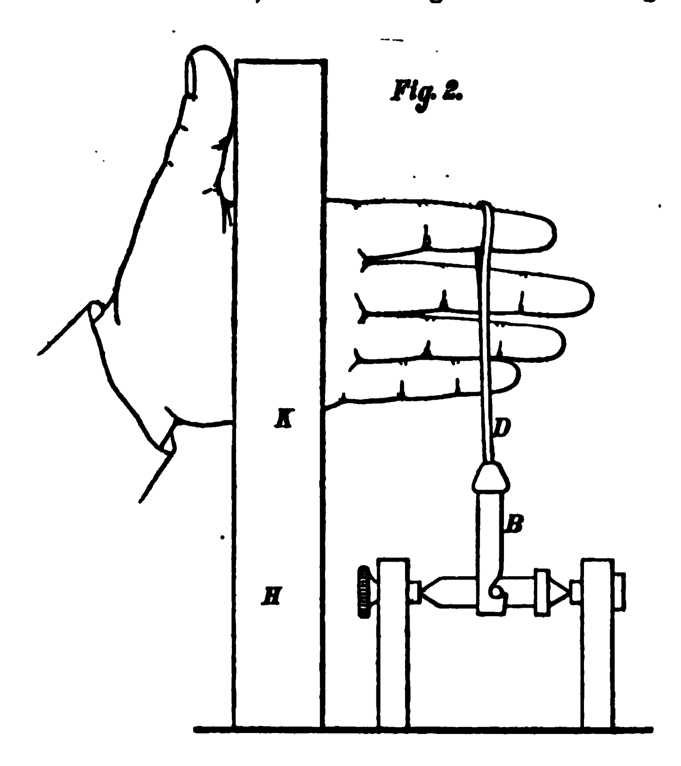
ist, nämlich den obductor indicis oder interosseus dorsalis primus. Die Mittelhand einschliesslich den Mittelhandknochen des Daumens, von der er entspringt, ist leicht zu befestigen und am beweglichen Zeigefinger können sehr bequem die Stücke angebracht werden, durch die auf einen Spannungszeiger gewirkt werden soll. Es ist nach einiger Uebung sehr leicht, ganz präcise diesen Muskel allein willkürlich zu innerviren. Auch kann er leicht so gut wie isolirt elektrisch gereizt werden.



Figur 1.

Die Anordnung der Versuche ist aus den beiden Figuren 1 und 2 leicht verständlich. Fig. 1 stellt den angewandten Spannungszeiger im Grundriss dar. AA ist die in Spitzen auslaufende Axe von 5 mm Durchmesser. In ein durch dieselbe gebohrtes Loch ist ein Messingstück eingelöthet, das auf beiden Seiten vorragt, in den Theil M auf der einen Seite ist der federnde Stahlstreif F eingelassen, dessen freies Ende auf einen Metallknopf K aufgestützt ist. Der auf der anderen Seite der Axe vorspringende Theil des Messingstückes bildet eine kleine Nase N, in die dicht an der Axenfläche unten eine Kerbe eingefeilt ist. Bei R ist ein Messingring auf die Axe gesteckt und durch eine Pressschraube daran zu befestigen. Er trägt den 280 mm langen leichten Schilfzeiger S mit einer aus Aluminiumblech gefertigten Zeichenspitze. Um die Figur nicht übermässig auszudehnen, ist von diesem Zeiger nur der Anfang dargestellt. In Wirklichkeit erstreckt er sich verhältnissmässig noch viel weiter. Der Gebrauch der einfachen Vorrichtung ist folgender: Das Stück, auf welcher die zu messende Kraft (Muskelspannung) wirken soll, endet in ein senkrecht neben der Axe hängendes Blechstreifchen, in welches ein hakenartiger Einschnitt gemacht ist (siehe B in Figur 2, welche eine Seitenansicht der ganzen Anordnung darstellt). In diesen Einschnitt muss nun die Nase N hineinragen. Zieht jetzt eine Kraft den Blechstreif nach oben, so wird die Axe — N aufwärts und M abwärts Fig. 1 — gedreht,

dabei muss sich aber die bei K aufgestützte Feder biegen und ihre elastische Kraft wird sich, wenn die Zugkraft innerhalb gewisser



Grenzen liegt, mit ihr schon bei sehr kleiner Drehung ins Gleichgewicht setzen. Die bis zum Gleichgewicht erfolgte Drehung ist also ein Maass für die an B Fig. 2 aufwärts ziehende Kraft. Das Maass der Drehung hat man aber, wenn man die Zeichenspitze des Schilfzeigers an einer berussten Fläche zeichnen lässt. Da die Zeichenspitze in runder Zahl 110 mal weiter von der geometrischen Drehungsaxe entfernt ist als die Kerbe an der unteren Seite der Nase N, so beträgt die Erhebung derselben oder des Angriffspunktes der Kraft nur den 110. Theil von der Senkung der Zeichenspitze und kann daher als verschwindend kleine Grösse ganz vernachlässigt werden.

In Figur 2 sieht man, wie die Spannung des musculus abductor indicis auf den Apparat wirkt. In einen prismatischen Holzständer H ist bis zur Höhe K ein Einschnitt eingesägt, in welchen gerade die Mittelhand der Versuchsperson ohne Zwang

eingelegt werden kann, und mit der Kleinfingerseite im abgerundeten Grunde des Spaltes ruht. Der Daumen ist gegen die eine Seitenwand des Spaltes angestemmt. Die Mittelhand ist hierdurch ganz ausreichend fixirt. Weil ich eine Zeit lang der Befestigung misstraute, verfertigte ich mir eine aus 2 Theilen bestehende Gypsform, in welche die Mittelhand genau eingepasst werden konnte, und aus welcher die Finger frei hervorragten. Es zeigte sich indessen, dass diese Art der Befestigung der einfacheren nicht überlegen war, und ich habe dieselbe daher im weiteren Verlaufe der Untersuchung ausschliesslich in Anwendung gebracht.

Ueber den wagerecht hervortretenden Zeigefinger wird ein Bügel D aus hartem Eisendraht gehängt, durch den die drei übrigen Finger frei durchragen. Gewöhnlich lag der Bügel auf dem Zeigefinger, wie es in der Figur gezeichnet ist, da auf, wo sich das Gelenk zwischen zweiter und dritter Phalanx findet, in einzelnen Versuchen am Ende der ersten Phalanx. Am unteren Ende ist am Drahtbügel das vorhin erwähnte Blechstreifchen B befestigt, welches mit seinem Ausschnitte unter die Nase N' greift. Zu besserem Verständnisse der Figur 2 mag noch bemerkt sein, dass man in ihr die Feder und den Zeiger nicht sehen kann, weil sie durch die Axe verdeckt sind, das Lager, auf welchem der Stützknopf (K Figur 1) befestigt ist, würde allerdings unterhalb der Axe in der Seitenansicht zu sehen sein, doch habe ich es um die Zeichnung nicht zu verwirren weggelassen.

Jede Spannungsmehrung des abductor indices strebt, wie man sieht, bei dieser Anordnung den Zeigefinger und da dieser mit der Nase an der Axe durch eine undehnbare Kette verbunden ist, die Axe in der vorhin angedeuteten Richtung zu drehen, bis die Spannung der dabei gebogenen Feder der Muskelspannung Gleichgewicht hält. Vermehrte Spannung macht den Zeichenstift sinken und das ganze Spannungsmyogramm fällt unter die Nulllinie. Natürlich wird das Gleichgewicht schon bei einer sehr kleinen Drehung eintreten. Die Auflagerungsstelle des Bügels auf dem Zeigefinger wird also nur eine sehr kleine Erhebung erleiden. Diese Erhebung, die in meinen Versuchen niemals ein ganzes Millimeter betrug, ist aber immer noch viel grösser als die faktische Verkürzung des wirkenden Muskels, da derselbe ja an der Basis der ersten Phalanx zieht. Dieser Ansatzpunkt erleidet also bei Aufwärtsdrehung des Zeigefingers eine Verschiebung, welche sich zur

Verschiebung der Auflagerungsstelle des Bügels verhält, wie der Halbmesser des Metacarpusköpfchens zur Summe der Längen der beiden ersten Phalangen, also etwa wie 1 : 5. Die faktische Verkürzung der Muskelfasern betrug also in meinen Versuchen weniger als 0,2 mm, so dass man wohl berechtigt ist, die Muskelakte in ihnen als „isometrische“ zu bezeichnen.

Indem ich nun zur Beschreibung der Versuche selbst übergehe, will ich zunächst die Erscheinungen des willkürlichen Tetanus, dann die der elektrischen Reizung und zuletzt die kombinirter willkürlicher und elektrischer Reizung behandeln.

Was zunächst den Werth der maximalen Spannung betrifft, welcher durch willkürliche Erregung des Muskels hervorgebracht werden kann, so zeigte der Spannungszeiger nahezu 2 kgr, wenn, wie dies bei den Versuchen in der Regel der Fall war, der Finger in der Verlängerung des Metacarpusknochens lag und der Bügel über dem äussersten Gelenke hing. Dies ist natürlich noch nicht die Spannung des Muskels in der Richtung seiner Fasern. Dieselbe hat etwa den 5 fachen Werth, da ja, wie vorhin schon erwähnt wurde, der Bügel an einem etwa 5 mal so grossen Hebelarme wirkt als der Muskel. Die Spannung des musc. abduct. indicis kann also unter dem Einflusse des Nervensystemes bei der Länge, welche ihm zukommt, wenn der Zeigefinger gerade ausgestreckt und der Daumen abducirt ist, eine Spannung von nahezu 10 Kilo annehmen. Man könnte hieraus einen Werth berechnen für die Grösse, welche Ed. Weber als „absolute Muskelkraft“ bezeichnet hat. Es würde indessen hierzu eine mechanische Diskussion des verwickelten gefiederten Baues unseres Muskels erforderlich sein. Da indessen mein Hauptaugenmerk bei dieser Untersuchung auf andere Eigenschaften des Muskels gerichtet war, so lasse ich diese Berechnung bei Seite und mache nur darauf aufmerksam, dass der soeben geschätzte Werth der maximalen Spannung unserer Muskel keineswegs unerwartet hoch genannt werden kann. Hat doch Koster[1]) den maximalen Werth für 1 □cm Querschnitt der Wadenmuskeln gleich 9—10 Kilo gefunden.

Selbstverständlich würde sich ein noch höherer Spannungswerth bei gedehntem Muskel (adducirtem Zeigefinger) und ein ge-

---

1) Arch. Neerland. II. Nr. 2.

ringerer bei schon zusammengezogenem Muskel (abducirtem Zeigefinger) ergeben.

Man bemerkt bei den Versuchen, dass es äusserst schwierig ist, denselben Spannungsgrad des Muskels sei er maximal oder untermaximal willkürlich genau gleichmässig zu erhalten. Der Spannungszeiger schwankt fortwährend unregelmässig auf und ab. Diese Schwankungen sind aber für nur zufällige Aenderungen der Gesammtenergie der Innervation ohne Interesse. Daneben zeigen sich die Spuren von den molekularen Oscillationen, welche den einzelnen Innervationsanstössen ihren Ursprung verdanken. Diese überaus interessanten Oscillationen hatte ich gehofft gerade am Spannungszeiger sehr deutlich zur Erscheinung zu bringen, da in diesem Apparate eine sehr kleine Masse von verhältnissmässig grossen Kräften in stabiler Gleichgewichtslage gehalten wird und derselbe daher sehr rasche Schwingungen mitzumachen geeignet sein muss. Diese Erwartung hat sich indessen nicht bestätigt. Von den fraglichen Oscillationen kommen zwar oft deutliche aber immer nur sehr schwache Spuren zum Vorschein. Wo sie sich im Myogramme zählen lassen, kommen immer etwa 9—10 auf die Sekunde, ganz wie es J. v. Kries auf Grund von Versuchen nach wesentlich anderer Methode angiebt.

Bei den elektrischen Reizversuchen zeigte sich vor Allem eine höchst merkwürdige Eigenthümlichkeit, wenn man die Spannung, die durch einen maximalen Einzelreiz entwickelt wird, verglich mit der, welche bei tetanischer Reizung zu Stande kommt. Diese kann nämlich den 10 fachen Werth von jener erreichen. Bei isotonischen Zusammenziehungen des Froschmuskels ist bekanntlich die Tetanushöhe meist kaum das doppelte der maximalen Zuckungshöhe. Man könnte daran denken, dass dieser auffällige Unterschied in der Verschiedenheit des Aktes begründet wäre, dass mit andern Worten überhaupt bei isometrischem Verlaufe des Aktes die Tetanushöhe zur maximalen Zuckungshöhe sich anders verhält als bei isotonischem Verlaufe, das ist aber nicht der Fall, Parallelversuche an Froschmuskeln haben ergeben, dass bei ihnen auch in isometrischem Akte die maximale Zuckungshöhe mehr als die Hälfte von der maximalen Zuckungshöhe beträgt. Wir haben es also hier offenbar mit einer specifischen Eigenthümlichkeit der menschlichen Muskelsubstanz zu thun, die darin besteht, dass die Summirung der Wirkung von aufeinander folgenden Einzelreizen

weiter geht als beim Froschmuskel. Bekanntlich hat Grützner in dieser Beziehung schon Unterschiede zwischen verschiedenen Muskelarten festgestellt. Er giebt an, dass die weissen feinfaserigen Muskeln nur geringe Unterschiede zwischen Tetanushöhe und maximaler Zuckungshöhe zeigen, die rothen Muskeln grössere. Hiernach treten also die Muskeln des Menschen oder wenigstens der von mir untersuchte abductor indicis desselben zu den weissen feinfaserigen Muskeln in den allerentschiedensten Gegensatz. In der Zuckung ist der Froschmuskel dem menschlichen Muskel absolut genommen entschieden überlegen, d. h. ein Froschmuskel, dessen Querschnitt sicher den des abductor indicis nicht übertrifft, entwickelt in maximaler Zuckung eine höhere Spannung als der letztere. Im Tetanus dagegen bleibt die Spannung des Froschmuskels bedeutend hinter dem menschlichen Muskel zurück.

Sehr überrascht war ich bei den Versuchen mit elektrischer Reizung durch die Thatsache, dass diese Reizungsart nicht im Stande ist, den Spannungsgrad hervorzubringen, welcher durch willkürliche Erregung erreicht wird. Mit fast unerträglichen Schlägen des durch 2 Grove'sche Elemente getriebenen du Bois'schen Schlitteninduktoriums bei aufgeschobenen Rollen erreichte ich bei keiner Frequenz der Schläge von ganz wenigen bis 100 in der Sekunde die Spannung des maximalen willkürlichen Tetanus, sondern höchstens etwa $^2/_3$ von der Spannung, die durch willkürliche Erregung mit Leichtigkeit hervorgebracht wird.

Man könnte auf den Verdacht kommen, das Zurückbleiben des elektrischen Tetanus hinter dem willkürlichen sei nur scheinbar und dadurch bedingt, dass bei elektrischer Reizung der Antagonist, der adductor indicis mitergriffen würde, dessen Spannung sich dann allerdings von der Spannung des abductor subtrahiren müsste. Dass dem aber nicht so ist, dafür bürgt die subjektive Empfindung. Bekanntlich hat man bei elektrischer Tetanisirung eines Muskels eine sehr deutlich lokalisirte Empfindung. Es kann einem also nicht entgehen, ob ein bestimmter Muskel elektrisch gereizt ist oder nicht. Nun ist aber beim wirklichen Versuche, wenn man den tetanisirenden Reiz durch Annäherung der Induktionsrollen allmählich steigert, das Maximum der Spannung schon längst erreicht, ehe man die leiseste Empfindung in den zwischen dem zweiten und dritten Mittelhandknochen gelegenen Muskeln spürt.

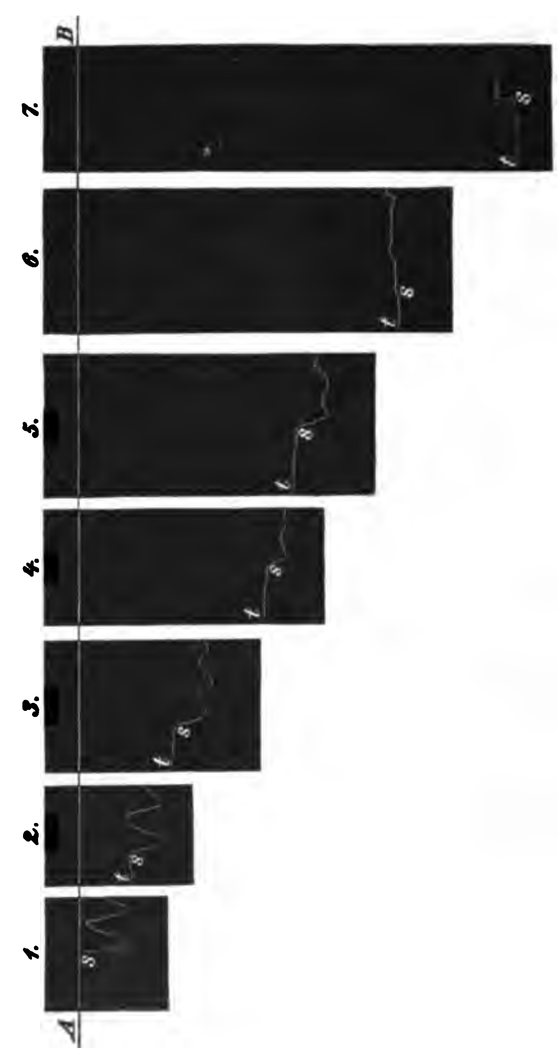
Es ist gut zu bemerken, dass diese Thatsache des Zurückbleibens des elektrischen Tetanus hinter dem willkürlichen durch Untersuchung der Verkürzung der Muskeln am lebenden Menschen wohl kaum zu ermitteln wäre, denn der Verkürzung setzen die Einrichtungen der Gelenke, sei es durch Aneinanderstossen von Knochentheilen, sei es durch Anspannung von Bändern, bald eine absolute Grenze. Bis an diese Grenze wird nun aber wohl immer auch eine elektrische Tetanisirung das Gelenk führen können, und man kann dann nicht beurtheilen, ob die willkürliche Erregung des Muskels ihn noch zu weiterer Verkürzung bringen könnte, wenn ihm diese durch die äusseren Bedingungen gestattet wäre.

Es wäre zu wünschen, dass diese einigermaassen unerwartete Thatsache der Unerreichbarkeit der willkürlichen Muskelleistung durch künstliche Reizung von Andern nachgeprüft würde und an Thieren womöglich Versuche über die Frage angestellt würden.

Ich gehe nun über zur Untersuchung des Zusammenwirkens von willkürlicher und elektrischer Erregung. Es hat sich dabei vor Allem herausgestellt, dass im Allgemeinen die Wirkungen dieser beiden Reizungsarten summirbar sind, das Tempo der elektrischen Schläge mag sein welches es will. Wie zu erwarten, summirt sich bei einem elektrischen Schlage oder bei einer tetanischen elektrischen Reizung nicht die ganze Spannung, welche dieser Reiz im erschlafften Muskel hervorgebracht haben würde, zu der schon vorhandenen willkürlichen Spannung. Je grösser diese letztere schon ist, desto geringer ist der Zuwachs, den sie durch den elektrischen Reiz erhält. Als Beispiel mag die graphische Darstellung einer Versuchsreihe dienen, in welcher elektrische Schläge in langsamem Tempo (etwa 3 per Sekunde) auf den Muskel wirkten, welcher bei den einzelnen Versuchen sich in verschieden starkem willkürlichen Erregungszustande befand.

Um die Zeichnung nicht allzu weit auszudehen, sind in Fig. 3 nur kleine Ausschnitte der 7 einzelnen Versuche dargestellt und mit Nummern 1, 2 bis 7 überschrieben. Die Gerade AB ist die Nulllinie der Spannung. Der Punkt der Spannungskurve, wo der Zeiger stand, als der erste elektrische Schlag eintraf, ist allemal mit dem Buchstaben s bezeichnet. Hier senkt sich der Zeiger einer Vermehrung der Spannung entsprechend. Bei Nr. 1 (zwei Zuckungen darstellend) geht die Senkung von der Nulllinie aus, da hier gar keine willkürliche Erregung des Muskels stattfand,

Bei den übrigen Nummern geht die Senkung in dem mit s bezeichneten Punkte aus von einer unter der Nulllinie verlaufenden,



Figur 3.

überall durch den Buchstaben t bezeichneten Linie, auf welche der Zeiger durch die willkürliche Spannung des Muskels herabgebracht wnr. Diese Linie liegt bei jedem folgenden Versuche tiefer als beim vorhergehenden, entsprechend der immer grösseren willkürlichen Spannung, zu welcher die Wirkung der elektrischen

Schläge summirt werden soll. Der Zuwachs durch diese wird daher im Allgemeinen von Versuch zu Versuch kleiner und ist beim vorletzten Versuche (Nr. 6) schon fast verwischt.

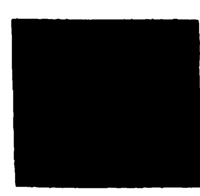
Im letzten Versuche dieser Reihe (Nr. 7) macht sich eine höchst auffallende Erscheinung bemerklich. Beim willkürlich maximal tetanisirten Muskel bringt der elektrische Schlag nicht eine Erhöhung der Spannung hervor, sondern eine deutliche Verminderung. Man könnte hier an eine Interferenz der Erregungsanstösse in der Muskelsubstanz selbst denken, wodurch dann eine ganz neue bisher unbekannte Eigenschaft dieser Substanz aufgedeckt sein würde. Um darüber ins Reine zu kommen war natürlich der einfachste Weg, den zeitlichen Verlauf dieser Erscheinung durch graphische Darstellung derselben an dem rascher bewegten Cylinder genauer zu untersuchen.

Die Untersuchung wurde in der Art ausgeführt, dass an dem etwa 8—9 Sekunden umlaufenden Cylinder von 500 mm Umfang ausser dem Spannungszeiger ein elektromagnetisches Signal anschrieb, welches im Augenblick des elektrischen Schlages eine Marke machte, welche hernach am ruhenden Cylinder in die Spannungskurve heruntergetragen werden konnte.

Figur 4 giebt ein Beispiel eines solchen Versuches. Der Strich bei 3 bezeichnet den Zeitpunkt des elektrischen Schlages in der Spannungskurve. Man sieht also, dass die Spannungsminderung erst etwa 0,9" oder in runder Zahl $^1/_{10}$ Sekunde nach dem Schlage eintritt, da 1 mm Abscissenlänge etwa 0,018 Sekunde entspricht. Hieraus geht wohl mit Sicherheit hervor, dass die Spannungsminderung nicht von der unmittelbaren Einwirkung des elektrischen Schlages auf die willkürlich erregte Muskelsubstanz herrührt, sondern die Folge einer hemmenden Wirkung des Reizes im Nervensysteme ist, dass der ganze Vorgang als eine Art von Reflex zu bezeichnen ist.

Figur 4.

Besonders lehrreich in dieser Beziehung sind Versuche, in denen der elektrische Schlag einwirkt auf den untermaximal willkürlich erregten Muskel. Ein Beispiel giebt Figur 5. Man sieht, dass im Augenblicke des Schlages (wieder mit s bezeichnet) zunächst die Spannung wächst enstprechend der unmittelbaren Einwirkung auf die Muskelsub-



Figur 5.

stanz. Dann folgt die Minderung der Spannung, herrührend von der Hemmung im Nervencentrum durch den sensibelen Reiz.

Nachdem einmal diese Hemmung als reflektorisch erkannt war, lag es nahe, zu fragen, ob jeder sensibele Reiz, wo er auch angebracht wird, eine bestehende maximale Muskelspannung mindert. Die Frage ist sehr leicht zu entscheiden. Man braucht nur während der abd. indicis die maximal willkürliche Spannung am Spannungsmesser zeigt, an irgend einer anderen Körperstelle einen elektrischen Schlag einwirken zu lassen. Dieser Versuch gab ein negatives Resultat. Traf der Schlag eine Stelle am andern Arme oder auch eine Stelle desselben Armes, dem der gespannte Muskel angehört, selbst ganz in seiner Nähe z. B. am Handgelenke, so trat keine Minderung der Spannung ein.

Die Hemmung, mit der wir es hier zu thun haben, ist also vermittelt durch einen ganz besonderen Reflex, dessen zuleitender Zweig vielleicht durch sensibele Nerven des Muskels selbst gebildet wird.

Ich fasse die Resultate der vorstehend beschriebenen Versuche in folgenden Sätzen zusammen.

1. Der Musculus abductor indicis lässt am Spannungszeiger eine „absolute Muskelkraft“ (im Sinne Ed. Weber's) erkennen, welche jedesfalls eine Grösse derselben Ordnung ist, wie die von verschiedenen Forschern am Wadenmuskel nach andern Methoden bestimmte.
2. Durch elektrische Tetanisirung ist niemals derselbe Spannungsgrad zu erreichen, wie durch willkürliche Erregung.
3. Die Summirung der Wirkung elektrischer Schläge geht im Muskel des Menschen viel weiter als im Froschmuskel, während in diesem die Spannung bei Tetanus höchstens doppelt so gross ist als die Spannung bei einer maximalen Einzelzuckung, erreicht beim Menschenmuskel die Tetanusspannung etwa den 6fachen, ja bisweilen den 10-fachen Werth der bei einer Einzelzuckung entwickelten.
4. Die direkte Wirkung elektrischer Reizung auf den Muskel kann sich zur Wirkung der willkürlichen Erregung einfach summiren, so jedoch, dass, je grösser die willkürliche Spannung schon ist, um so kleiner die Erhöhung derselben durch den äusseren Reiz ausfällt. Das Tempo, in welchem die elektrischen Schläge erfolgen, ist in weiten Grenzen ohne Einfluss auf diese Summirung.

5. Der elektrische Schlag bringt neben der direkten die Spannung vermehrenden Wirkung noch eine reflektorische Wirkung hervor, welche die willkürliche Erregung und damit die Spannung vermindert. War die willkürliche Spannung selbst schon maximal, so kommt diese reflektorische Wirkung am Spannungszeiger allein zur Erscheinung.

(Physiologisches Laboratorium in Bonn.)

Prof. C. A. Ewald's Versuche über die Ernährung mit Pepton- und Eierklystieren.

Besprochen von **E. Pflüger.**

Eine in der Zeitschrift für klinische Medicin, Bd. XII, Heft 5 und 6 enthaltene, von Professor C. A. Ewald in Berlin ausgeführte „Arbeit verdankt" gemäss der Angabe des Verfassers „ihre Entstehung einer an den Verein für innere Medicin zu Berlin eingereichten Frage: „„Welchen Nährwerth besitzt die Darreichung käuflicher Peptonpräparate im Klysma?"" „mit deren Beantwortung" Ewald „von dem Vorstande des Vereins betraut wurde".

Diese von Ewald an die Spitze der Abhandlung gestellte Bemerkung verleiht derselben ein besonderes Gewicht, und ich sehe mich deshalb gezwungen, dem Rechnung zu tragen. Ewald hat für seine Untersuchung meine analytischen Methoden benutzt und auf ihren Werth geprüft. Das ungünstige Ergebniss dieser Prüfung verlangt eine Aufklärung.

Ewald musste den Stickstoff des Harnes bestimmen und bediente sich dazu meiner Methode der Titration mit Mercurinitrat, die er durch die Methode von Kjeldahl controlirte. Er beklagt sich, dass er grössere Abweichungen gefunden, als es nach meinen und meines Mitarbeiters Bohland Angaben zu erwarten gewesen wäre.

Ewald[1]) sagt nämlich:

„Der Stickstoffgehalt der Fäces wurde nach der Kjeldahl-schen Methode bestimmt, der Stickstoffgehalt des Harns nach der Methode von Pflüger und Bohland mit Mercurinitrat ermittelt. Dieselbe soll den wahren Stickstoffwerthen bis auf eine Differenz von $\mp$ 0,2% nahekommen, d. h. bei den Stickstoffprocenten im

1) a. a. O. p. 3 Sep.-Abdr.

Harn erst eine Differenz in der dritten Decimale ergeben. Vielleicht in Folge einer geringen Modification, die ich beim Titriren vornahm, vielleicht aber auch, wie ich eher glauben möchte, weil der Harn der an einer schweren Stoffwechselstörung leidenden Versuchsperson sich anders verhält, wie der gesunder Menschen, habe ich bei Controlbestimmungen nach Kjeldahl viel grössere Differenzen, nämlich im Mittel aus 10 Versuchen 0,04337 absolute Differenz der Stickstoffprocente des Harns nach der positiven oder negativen Seite erhalten. Den Bestimmungen mittelst der Kjeldahl'schen Methode kommt absolute Zuverlässigkeit zu und etc."

Aus diesen Worten Ewald's entnehme ich zunächst, dass er als den von mir und Bohland gefundenen mittleren Beobachtungsfehler dem Leser den Werth ∓ 0,2% vorführt, während in unserer Abhandlung —0,2% steht. Warum fügt Ewald unserem Minuszeichen noch ein Pluszeichen bei? Offenbar, um anzudeuten, dass das eine so berechtigt sei als das andere.

Dass Ewald überhaupt diese Correctur an unserem Ausdrucke für unseren mittleren Beobachtungsfehler vornehmen konnte, wird nur unter der Annahme verständlich, dass Ewald über das, was man einen „Mittelwerth" nennt, sich eine unrichtige Vorstellung gebildet hat. Diese offenbart sich noch ferner aus der in obigem Passus Ewald's enthaltenen Bemerkung, dass er als „**Mittel** aus 10 Versuchen 0,04337 absolute Differenz der Stickstoffprocente des Harns **nach** der **positiven** oder **negativen** Seite erhalten" habe.

Ewald glaubt offenbar, dass die Zahl, welche das „**Mittel**" ist, angibt, um wieviel der Beobachtungsfehler durchschnittlich nach der **positiven** oder **negativen** Seite vom wahren Werthe abweicht. Dass diese Auffassung unrichtig sei, glaube ich den Lesern nicht beweisen zu müssen.

Wegen der irrigen Vorstellung, die sich Ewald über den Begriff des Mittelwerthes gebildet hat, berechnet er diesen Werth auch unrichtig. Das obige gegen mich und Bohland von ihm aufgeführte Mittel ist gar nicht 0,04337; es ist in Wirklichkeit viel kleiner. Ewald berechnet nämlich das Mittel aus einer algebraischen Summe so, dass er die Summanden einfach addirt, als ob sie alle positives Vorzeichen besässen, wenn auch einzelne Summanden Minuszeichen haben. Dann dividirt er die Summe durch die Zahl der Fälle. **Das Mittel** aus einer algebraischen Summe setzt aber doch voraus,

dass das Vorzeichen jedes Gliedes der Reihe berücksichtigt und die erhaltene Differenz durch die Zahl der Fälle dividirt werde.

Um die Verhältnisse dem Leser anschaulicher zu machen, drucke ich zunächst die von Ewald selbst aufgestellte Tabelle über seine besprochenen 11 Versuche ab. Die Zahlen unter „Pflüger" und „Kjeldahl" bedeuten die Stickstoffprocente im Harne.

„Pflüger"	„Kjeldahl"	„Differenz"
0,03948 %	0,04623 %	+0,00675
0,71534 „	0,6486 „	—0,0647
0,5123 „	0,4512 „	—0,0611
0,03008 „	0,02914 „	—0,0094
0,4747 „	0,4512 „	—0,0235
0,5405 „	0,4794 „	—0,0601
0,6721 „	0,7755 „	+0,1034
0,5311 „	0,5311 „	±0
1,3885 „	1,2972 „	—0,0913
0,5076 „	0,4559 „	—0,0517
0,5296 „	0,5245 „	—0,0051
		Mittel 0,04337

Wenn man nachforscht, wie Ewald das Mittel 0,04337 gefunden, so wird man sehen, dass die Zahl die Summe sämmtlicher mit positivem Vorzeichen genommener Summanden ist, dividirt durch 11, d. h. durch die Zahl der Fälle. Das wirkliche Mittel der Differenzen ist aber nicht 0,04337, sondern 0,0233 %.

Ich habe nun den Beobachtungsfehler für die 11 Versuche Ewald's aus obiger Tabelle berechnet, wobei die von Ewald ermittelte Kjeldahl'sche Zahl als richtig angenommen wurde, obwohl ich selbst deren Richtigkeit aus später anzugebenden Gründen bezweifle.

Die sogleich mitzutheilenden Werthe bedeuten also, um wie viel der durch Titration mit Hg-lösung ermittelte Stickstoff zu gross oder zu klein gefunden wurde, wenn das richtige Gewicht des Stickstoffs = 100 gesetzt ist. Uebersteigt der gefundene Werth den wahren, so nenne ich den Beobachtungsfehler positiv; im entgegengesetzten Fall negativ. Also:

Tabelle der Beobachtungsfehler von Ewald's 11 Versuchen in Procenten des nach Kjeldahl ermittelten Stickstoffs:

	—14,6 %	+10,3 %
		+13,54 „
		+ 3,2 „
		+ 5,2 „
		+12,8 „
	—13,3 „	∓ 0,0 „
		+ 7,0 „
		+11,3 „
		+ 0,9 „
Summa	—27,9 %	+64,24 %
	Mittel =	+3,3 %

Bei den analogen Prüfungen meiner Methode, welche ich in umfassender Weise mit Dr. Bohland ausgeführt habe [1]), ergab sich aus 46 Versuchen das Mittel des Beobachtungsfehlers, wie schon oben bemerkt, zu —0,2 % des Stickstoffs.

Während wir also etwas zu wenig Stickstoff finden, ist est bei Ewald umgekehrt. Sein Fehler ist absolut genommen im Mittel 16 mal grösser als der unserige.

Vergleicht man aber die Abweichungen vom richtigen Werthe, welche die einzelnen Versuche bei Ewald darbieten, so sind diese häufig ausserordentlich gross, wie ein Blick auf die vorhergehende Tabelle der von mir berechneten Beobachtungsfehler Ewald's beweist. Mit denen Ewald's verglichen sind unsere Abweichungen vom richtigen Werthe klein. Wir stellen sie in folgender Tabelle nochmals zur besseren Ueberzeugung des Lesers zusammen:

Generaltabelle der Beobachtungsfehler der Methode von Pflüger:

Nummer der Versuche.	Differenz der Stickstoffprocente beider Methoden:		Nummer der Versuche.	Differenz der Stickstoffprocente beider Methoden:	
	Negative Differenz.	Positive Differenz.		Negative Differenz.	Positive Differenz.
1	—0,07		7	—1,1	
2		+1,6	8		+0,4
3	—0,6		9	—3,3	
4	—2,7		10	—2,2	
5		+1,8	11	—2,4	
6		+0,6	12	—0,3	

1) Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 36, p. 155.

Nummer der Versuche.	Differenz der Stickstoffprocente beider Methoden: Negative Differenz.	Positive Differenz.	Nummer der Versuche.	Differenz der Stickstoffprocente beider Methoden: Negative Differenz.	Positive Differenz.
13	−1,1		30		+2,5
14	−3,2		31		+0,9
15	−1,2		32		+1,8
16	−1,4		33	−1,9	
17		+1,1	34	−0,5	
18		+0,9	35		+0,1
19		+0,8	36		+0,4
20	−0,2		37		+0,7
21	−2,2		38		+1,1
22	−1,5		39		+0,8
23	−1,0		40		+1,3
24	−0,6		41		+0,2
25		+1,0	42		+0,6
26	−0,3		43	−0,4	
27	−0,5		44		+0,6
28	−0,3		45	−1,3	
29	−0,1		46		+1,1
			Summe =	−31,07	+20,3
			Mittel =	−0,2 %	

Man sieht, dass bei meiner Methode in 46 Versuchen die grösste je beobachtete Abweichung —3,3% beträgt (siehe Tabelle), während bei Ewald in nur 11 Versuchen die Fehler von

+10,3 %
+11,3 „
+12,8 „
+13,54 „
—13,3 „
—14,6 „

etc. vorkommen.

Was ist nun der Grund, dass in Ewald's Hand die Methode so unbefriedigende Resultate giebt?

Aus Ewald's Angaben folgt, dass er meine und Bohland's Arbeiten über gewisse analytische Methoden nicht kennt, obwohl er nach diesen arbeitet und unsere Abhandlung citirt. Jedesmal

wenn er über das referirt, was wir über unsere Methode aufgestellt haben sollen, ist seine Angabe unrichtig.

Unser Mittel citirt er zu $\mp 0,2$; es ist aber, wie bemerkt —0,2. Hätte Ewald unsere Arbeit angesehen, so würde er gefunden haben, wie das arythmetische Mittel aus 46 Summanden verschiedenen Vorzeichens genommen ist. Wir haben den hier interessirenden Theil der Tabelle schon in diesem Aufsatz unmittelbar vorher mitgetheilt.

Hätte Ewald nur unsere Generaltabelle (siehe Arch. f. d. ges. Physiol. 36, p. 132) geprüft, so würde er bemerkt haben, dass es uns gar nicht in den Sinn kommen konnte von unserer Methode zu behaupten, sie gebe „bei den Stickstoffprocenten im Harn erst eine Differenz in der dritten Decimale", was er uns in den Mund legt.

Meine Methode giebt leider nicht bloss bereits in der zweiten, nein, sogar schon in der ersten Decimale Differenzen und zwar unter 46 Fällen 28 mal in der zweiten, 4 mal in der ersten, 14 mal erst in der dritten Decimale (siehe Archiv 36, Generaltabelle p. 152 und folgende).

Damit sich der Leser überzeuge, drucke ich die hier in Betracht kommenden Columnen unserer Generaltabelle nochmals ab:

Nummer.	Stickstoffprocente des Harnes, je nach Methode:		Nummer.	Stickstoffprocente des Harnes, je nach Methode:	
	SO_3	N_2O_6Hg		SO_3	N_2O_6Hg
1	1,229	1,228	15	0,912	0,899
2	1,276	1,296	16	0,945	0,931
3	0,779	0,773	17	0,888	0,899
4	0,363	0,354	18	0,653	0,659
5	0,735	0,749	19	0,689	0,695
6	0,880	0,885	20	1,283	1,280
7	1,048	1,031	21	0,844	0,825
8	0,679	0,681	22	0,459	0,452
9	0,544	0,526	23	0,700	0,693
10	0,600	0,587	24	0,571	0,567
11	1,187	1,158	25	0,916	0,925
12	1,243	1,239	26	1,125	1,122
13	0,616	0,609	27	0,599	0,596
14	0,448	0,434	28	1,018	1,014

Nummer.	Stickstoffprocente des Harnes, je nach Methode:		Nummer.	Stickstoffprocente des Harnes, je nach Methode:	
	SO_3	N_2O_6Hg		SO_3	N_2O_6Hg
29	0,646	0,645	38	1,046	1,058
30	0,557	0,571	39	1,253	1,264
31	0,518	0,523	40	1,127	1,142
32	0,656	0,668	41	0,607	0,609
33	0,780	0,765	42	0,719	0,724
34	1,092	1,085	43	1,196	1,190
35	0,961	0,962	44	1,927	1.939
36	1,213	1,218	45	1,163	1,147
37	1,437	1,447	46	1,092	1,105

Bei Anwendung der Methode „Kjeldahl's" schlägt Ewald ein Verfahren ein, von dem wir in dem von Ewald citirten Aufsatz nachwiesen, dass es zur Gewinnung des gesammten im Harn enthaltenen Stickstoffs nicht ausreicht. Ewald verwendet ferner bei der Stickstoffbestimmung des Harns das von Kjeldahl ursprünglich empfohlene Permanganat, obwohl wir durch eine umfassende Versuchsserie längst darthaten, dass der Zusatz des Permanganates besser unterbleibt. Ewald schreibt (l. c. p. 18 Sep.-Abdr.): „Die Oxydation mit Permanganat wurde zwar immer ausgeführt, ist aber nach folgendem (erst nach Beendigung vorstehender Arbeit ausgeführtem) Versuch nicht nöthig."

Also am Schluss seiner Arbeit sucht sich Ewald durch einen einzigen mit Harn ausgeführten Versuch zu überzeugen, ob der Zusatz von Permanganat wohl nöthig sei. Er beweist dadurch, dass er unsere von ihm citirte Arbeit nicht gelesen hat, in der gerade diese Frage nicht durch einen einzigen Versuch, sondern durch viele eingehend und solid erforscht ist.

Bei chemischen, wie bei allen naturwissenschaftlichen Forschungs-Methoden ist die Einhaltung bestimmter Bedingungen unerlässliche Voraussetzung einer correcten Analyse. Auch die beste Methode gibt in der Hand des Unerfahrenen schlechte Resultate. Ganz besonders gilt dies für solche Methoden, bei denen oft viele umständliche Vorsichtsmaassregeln berücksichtigt werden müssen. Zu diesen Methoden gehört sowohl meine Methode der Titration des Stickstoffs im Harne mit Mercurinitrat, sowie auch die Methode von Kjeldahl, wenn sie auf den Harn angewandt wird. Beide

Methoden habe ich mit Dr. Bohland in einer sehr langen und mühsamen Arbeit, in der alle in Betracht kommenden wesentlichsten Variabeln nach einander systematisch geprüft wurden, durch Hunderte von Analysen auf den höchsten erreichbaren Grad von Zuverlässigkeit zu bringen gesucht. Ewald hielt es nicht für nöthig, von unserer Arbeit Einsicht zu nehmen.

Ewald beruhigte sich über sein Verfahren einmal in der trügerischen Voraussetzung, dass die Beobachtungsfehler sich compensiren würden. Der in der medicinischen Welt leider viel zu wenig gewürdigte Zufall fügt es aber oft, recht oft, dass viele mal hinter einander der Beobachtungsfehler **dasselbe** Vorzeichen und einen **hohen** Werth behauptet und zwar unter Umständen, die das Auftreten des entgegengesetzten Vorzeichens vor gleich hohen Werthen mit fast gleicher Leichtigkeit gestatten. — Ferner machte Ewald zur Sicherstellung der Correctheit seines analytischen Verfahrens einen **einzigen** Versuch mit einer gewogenen Menge von Harnstoff, die er nach Kjeldahl wiederfand. Den Stickstoff aus Harnstoff schnell nach Kjeldahl zu entbinden, ist leicht; aber der Stickstoff des Harns verhält sich zum Theil **meist** ganz anders. — Ausserdem gewährt ein einziger Controlversuch keine Bürgschaft gegen die Möglichkeit, dass das Ergebniss nur scheinbar richtig ist, weil zufällig mehrere Fehler sich die Waage halten. Jeder streng prüfende Forscher kennt aus eigener Erfahrung diese Tücken des Zufalls.

Hätte Ewald sich hinreichend mit den von mir und Bohland ausgearbeiteten Vorsichtsmaassregeln vertraut gemacht, so würde die Quecksilbermethode mit der Kjeldahl'schen auch in seiner Hand eine bessere Uebereinstimmung gezeigt haben.

Schliesslich möchte ich, um Missverständnissen vorzubeugen, ausdrücklich betonen, dass es nur in meiner Absicht lag, die Schädigung abzuwehren, die Ewald meiner analytischen Methode zugefügt hat. — Ich lasse es hingegen durchaus dahingestellt, ob durch die Gunst des Zufalls, d. h. durch eine Compensation der Beobachtungsfehler die von Ewald erhaltenen analytischen Werthe sich doch so weit der Wahrheit nähern, dass sie zu weiteren Schlussfolgerungen verwandt werden dürfen.

Erwiderung auf vorstehende „Besprechung".

Von

Prof. **C. A. Ewald** in Berlin.

An die Spitze meiner Erwiderung auf vorstehende Kritik von Geh.-Rath Prof. Pflüger stelle ich die Thatsache, dass durch dieselbe die Beweiskraft meiner Arbeit über die Ernährung mit Pepton- und Eierklystiren nicht nur nicht abgeschwächt, sondern wesentlich erhöht wird.

Pflüger zeigt, dass der Fehler, den ich meinen Bestimmungen nachrechnete, zu gross und in Wahrheit fast um die Hälfte kleiner ist. Demnach behalten meine Erörterungen über die Brauchbarkeit meiner Analysen zur Beantwortung des mir gestellten klinisch-therapeutischen Themas, die auch von Pflüger nicht angegriffen sind, a fortiori ihre volle Gültigkeit. Ich habe gezeigt, dass meine Schlussfolgerungen zu Rechte bestehen, selbst wenn der Zufall, wie Pflüger betont und auch mir nicht unbekannt ist, eine Summation vieler Fehler in einem Sinne bewirken sollte. „Meiner Meinung nach", heisst es in meiner Arbeit (Zeitschrift für klin. Medicin, Bd. XII, S, 410), „müssen Stoffwechseluntersuchungen bei Kranken, bei denen man immerhin trotz aller Sorgfalt auf den guten Willen der Versuchsperson und des Wartepersonals angewiesen ist und die Stickstoffwerthe der Nahrung aus Durchschnittszahlen berechnet werden, so prägnante Antworten auf die gestellten Fragen geben, dass eine Fehlergrösse wie die oben erörterte (nämlich das Anschlagen aller Fehler in einem Sinne) ausser Acht gelassen werden kann." Die „Gunst des Zufalls" glaube ich eben dadurch ausgeschlossen zu haben.

Ich bedaure meinen Rechnungsirrthum, aus dem heraus ich auch die Pflüger'sche Berechnung seines analytischen Fehlers falsch verstanden habe, lebhaft. Ich hatte ihn mittlerweile selbst erkannt und würde ihn jetzt berichtigt haben. Dass seiner ana-

lytischen Methode, wie Pflüger **sagt**, durch meine Arbeit eine Schädigung erwachsen konnte, glaube ich nicht.

Pflüger liest sich aus meinen Bestimmungen eine Kritik seiner Methode heraus, die zu geben **sie nicht prätendiren und nicht prätendiren können**. Dazu hätten dieselben vor allen Dingen **absolut genau** nach seinen Angaben ausgeführt worden sein müssen, was, wie ich eigens angegeben habe, nicht der Fall gewesen ist. Ich musste, wollte ich überhaupt diese Titrirungen monatelang fortführen, nach einem abgekürzten Verfahren arbeiten, da ich bald einsah, dass die regelmässige Durchführung der von Pflüger verlangten Double- und Triplebestimmungen zur Ermittelung des sog. Maximalwerthes mehr Zeit erforderte als mir aufzuwenden möglich war. Ich habe sie nur einigemal angestellt. Auch habe ich direct in den Silberniederschlag titrirt, statt, wie Pflüger will, in das Filtrat desselben. Ich halte dies allerdings nur für eine „geringe Modification" im Hinblick auf die Versuche, um die es sich in meiner Arbeit handelt, bei denen es ja wesentlich auf vergleichende Bestimmungen ankommt, aber ich war mir durchaus bewusst, damit einen Fehler mit Bezug auf die absoluten Werthe des Stickstoffs zu machen, und zur Ermittelung desselben habe ich die Kjeldahl'schen Bestimmungen angestellt. Ich würde dies an der betr. Stelle meiner Arbeit ausführlich erörtert haben, wenn ich geglaubt hätte, dass dieselbe zu einer Discussion über die Genauigkeit der Pflüger'schen Harnstoffbestimmungen Veranlassung geben könnte. Ich habe die Kjeldahl'schen Bestimmungen angestellt, um **meine** Titrirungsresultate zu prüfen, nicht um die Brauchbarkeit der Pflüger'schen Methode zu controlliren und habe sie veröffentlicht, damit sich Jedermann selbst ein Urtheil darüber bilden kann, ob letztere, nämlich die Titrirungen, für meine Zwecke ausreichend gewesen sind oder nicht. Das ist zweifellos der Fall und wird Jeder zugeben, der nicht ganz unbillige Ansprüche an eine derartige Untersuchung stellt. Wir Aerzte könnten zufrieden sein, wenn unsere Therapie stets so gut begründet wäre, wie es durch meine Untersuchungen für den speciellen Fall geschehen ist.

Die von Pflüger gegen meine Kjeldahl-Bestimmungen erhobenen Einwände erkenne icht nicht an, und zwar:

1. weil ich gar nicht nach einem Verfahren gearbeitet habe, von dem Pflüger nachgewiesen, „dass

es zur Gewinnung des gesammten im Harn enthaltenen Stickstoffs nicht ausreicht", sondern nach einer anderen von mir l. c. angegebenen Methode, die von Pflüger noch **nicht geprüft** worden ist. Die Methode gilt als gut. Sie hat mir in 2 Controlbestimmungen absolut gute Resultate gegeben. Es ist Pflüger's Aufgabe, wenn er meine Resultate anzweifelt, die Methode auf ihren Werth zu prüfen;

2. weil die von Pflüger monirte Behandlung mit Permanganat nach seinen eigenen Worten „bedeutungslos" ist, obgleich er mir sogar daraus irrthümlich deduciren will, dass ich seine von mir citirte Abhandlung nicht gelesen hätte! Er sagt dort aber nicht, wie er in vorstehender Kritik angiebt, dass der Zusatz des Permanganats „besser unterbleibt", sondern wörtlich auf S. 114: „stellen wir alle unsere Versuche zusammen, so ergiebt sich durch Permanganat ein Gewinn an Stickstoff von 0,05%, d. h. ein so winziger Werth, dass er bei der nicht ausreichenden Zahl der Versuche bedeutungslos erscheint." Jedenfalls kann also die Behandlung mit Permanganat nichts schaden und hat nicht „besser zu unterbleiben". Ich habe sie gemacht um eher zu viel als zu wenig zu thun, denn unter Pflüger's 12 bezüglichen Versuchen ist 9 mal ein Gewinn und nur 3 mal ein Verlust an Stickstoff durch die Oxydation verzeichnet.

Der von mir schliesslich angestellte, von Pflüger urgirte Versuch, ist in meinen kurzen analytischen Belegen angeführt zu meiner Controle, und hat nur den Sinn, in Hinsicht auf die bezüglichen Angaben von Pflüger und Arnold zu zeigen, dass ich dasselbe Ergebniss erhalten habe wie diese Autoren;

3. weil ich mich von der Zuverlässigkeit meiner Bestimmungen nicht, wie Pflüger sagt, durch eine, sondern durch zwei Controlbestimmungen überzeugt habe.

Ich stimme Pflüger aber vollkommen bei, wenn er in seiner Arbeit „Verbesserung der Harnstoff-Analyse von Bunsen mit Berücksichtigung der stickstoffhaltigen Extractivstoffe im menschlichen Harne" auf S. 575 des 38. Bandes seines Archivs sagt: „Nur aus ganz besonderen Gründen wird man in Zukunft zur Ermittelung des Gesammtstickstoffs im Harne eine andere Methode (als die Kjeldahl'sche) in Anwendung bringen." Leider war dieser Ausspruch meines verehrten ehemaligen Lehrers noch nicht

der Oeffentlichkeit übergeben, als ich die Titrirungen nach dem „continuirlichen" Verfahren, welches dem Kjeldahl'schen an Schnelligkeit, Sicherheit und Annehmlichkeit der Ausführung um vieles nachsteht, machte. Auch der von Pflüger in einer soeben erschienenen Arbeit „Ueber die Titration des Harnstoffs etc." (Archiv, Bd. XL, S. 533) dem Kjeldahl'schen Verfahren gegenüber zu Gunsten des Titrirens geltend gemachte Umstand, dass „es ein grösseres mit Abzügen versehenes chemisches Laboratorium voraussetzt", fällt durch die von mir benutzte und S. 424 meiner Arbeit l. c. beschriebene Anordnung fort.

(Aus dem medicin.-physikal. Cabinet in Königsberg i. Pr.)

Zur Chemie des humor aqueus.

Von

cand. med. **Kuhn.**

Chabbas und Jesner[1]), welche unter Gruenhagen's Leitung die Secretionsbedingungen und die qualitative Zusammensetzung des humor aqueus bei Kaninchen, Katzen, Rindern und Menschen unter normalen und unter pathologischen Verhältnissen untersuchten, hatten angegeben, dass Traubenzucker, abgesehen von Hungerthieren, in allen Fällen einen Bestandtheil des humor aqueus bilde. Michel und Wagner[2]) fanden dagegen den humor aqueus von Kaninchen in 70 Fällen frei von Traubenzucker, verschweigen indessen, nach welcher Methode das von ihnen zu Tage geförderte negative Ergebniss erlangt wurde.

Zur Erledigung des bestehenden Widerspruchs habe ich die in Frage gestellte Thatsache einer erneuten Prüfung unterworfen und in zahlreichen Einzelversuchen, zunächst für normale Kaninchen- und Rinderaugen, festgestellt, dass der humor aqueus derselben beständig einen Kupferoxyd in alkalischer Lösung reducirenden Körper enthält.

1) Chabbas und Jesner, dieses Archiv 1877, Bd. XVI, p. 143 und 1880, Bd. XXIII, p. 14.

2) Michel und Wagner, Arch. f. Ophthalmol. 1886, Bd. XXXII, Abth. II, p. 173.

Da es zum Gelingen des Nachweises wesentlich auf ein zweckmässig eingerichtetes Verfahren ankommt, so will ich nicht unterlassen, das von mir geübte kurz zu beschreiben:

Der humor aqueus wurde am enucleirten Auge durch Einstich in die Cornea mittels einer Pravaz'schen Spritze der vorderen Kammer entnommen, in kleine 4—5 mm im Lichten messende Reagenzgläschen übergefüllt, sodann mit Natr. sulf. in Substanz und einigen Tropfen Essigsäure versetzt, vorsichtig zum Kochen erhitzt und, nachdem sich hierbei das Eiweiss in Gestalt feiner Flocken ausgeschieden hatte, auf ein kleines vorher mit destillirtem Wasser angefeuchtetes Filter ausgegossen. Dem klaren abermals in einem kleinen Reagenzgläschen aufgefangenen Filtrat wurden 1—2 Tropfen einer 1%igen Lösung von Kupfervitriol zugefügt, die kaum gebläute Mischung über einer kleinen Gasflamme zum Kochen gebracht und in die klare Flüssigkeit mittels einer capillar ausgezogenen Pipette eine 38—40% ige Kalilösung allmählich einfliessen gelassen. Sobald der erforderliche Grad von Alkalescenz erreicht worden war, erfolgte jedesmal die Ausscheidung gelben Kupferoxyduls.

Es ist also ein die Trommer'sche Probe gebender Körper stets im humor aqueus normal beschaffener Kaninchen und Rinder vorhanden. Dieser Körper ist nicht das Alcapton Boedeker's beziehungsweise das mit demselben für identisch angesehene Brenzkatechin[1]), da er auch nach Ausfällung des eiweissfreien humor aqueus mit Bleiacetat in das Filtrat übergeht, während das Alcapton oder Brenzkatechin von dem Bleiniederschlage niedergerissen wird, sondern wirklich Traubenzucker, da er, wie dieser, durch Bleiacetat und Ammoniak gefällt und durch Zerlegung des in Alkohol vertheilten Niederschlags mit H_2S wiedergewonnen wird.

Zur Ermittelung der letztberührten Thatsachen, welche die Verfügung über grössere Mengen humor aqueus, als das Einzelauge bietet, erfordert, erwiesen sich 461½ ccm Kammerwasser, welche 435 Rinder- und Kalbsaugen entnommen waren, als ausreichend.

Noch entscheidendere Ergebnisse lieferte ein zweites Verfahren. Dasselbe ist zugleich empfehlenswerther, als das vorhin

1) Vgl. Gorup-Besanez, Lehrbuch d. physiol. Chemie 1874, 3. Aufl. p. 411.

besprochene, weil es schneller zum Ziele führt und das für den Bestand des Zuckers leicht gefährlich werdende Kochen des schwach mit Essigsäure angesäuerten humor aqueus vermeidet. Es wurden 49 ccm humor aqueus mit 14 Tropfen HCl angesäuert und hierauf mit 12 Tropfen einer Lösung von Jodkalium-Quecksilberjodid versehen, sodann wurde das reichlich entwickelte Eiweissgerinnsel abfiltrirt. Von dem klaren Filtrat wurden einige Tropfen in einem kleinen Reagenzgläschen erhitzt, durch Zusatz von 38—40 % iger Kalilösung alkalisch gemacht und auch auf diesem Wege ein Reductionsvorgang durch Ausfall von grauem Quecksilber beobachtet. Der im humor aqueus enthaltene Kupferoxyd reducirende Körper zerlegt also auch Quecksilberjodid (Sachsse'sche Probe). Der Rest des Filtrats wird von 49 ccm auf 10,7 ccm eingedampft und ergiebt im grossen Halbschattenapparat von Schmidt und Hänsch auf seine optische Wirksamkeit geprüft Rechtsdrehung. Die Drehung zeigte eine 0,1—0,2 % ige Zuckerlösung an, was auf die 49 ccm humor aqueus berechnet einen Zuckergehalt des Kammerwassers von (0,3 beziehungsw. 0,4) $\frac{10,7}{49}$ = 0,03 bez. 0,044 % ergiebt. Die verarbeiteten 49 ccm humor aqueus waren 35 Rinder- und Kalbsaugen entnommen.

Bei einem zweiten Versuch zur Bestimmung des Zuckergehalts des humor aqueus wurden 85 ccm Kammerwasser, die aus 54 Rinder- und Kalbsaugen gewonnen worden waren, mit 26 Tropfen HCl und 18 Tropfen einer Lösung von Jodkalium-Quecksilberjodid versetzt. Das reichlich ausgeschiedene Eiweiss wurde abfiltrirt und das klare Filtrat bis auf 11,6 ccm eingedampft. Die Rechtsdrehung ergab eine 0,22 % ige Traubenzuckerlösung, woraus sich der Zuckergehalt des ursprünglichen Kammerwassers auf $\frac{0,22.11,6}{85}$ = 0,03 % berechnet.

Es scheint hienach die Anwesenheit von Zucker im humor aqueus jedem berechtigten Zweifel entrückt.

Zum Schlusse spreche ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Gruenhagen für die mir bei dieser Arbeit gütigst erwiesene wesentliche Hülfe meinen innigsten Dank aus.

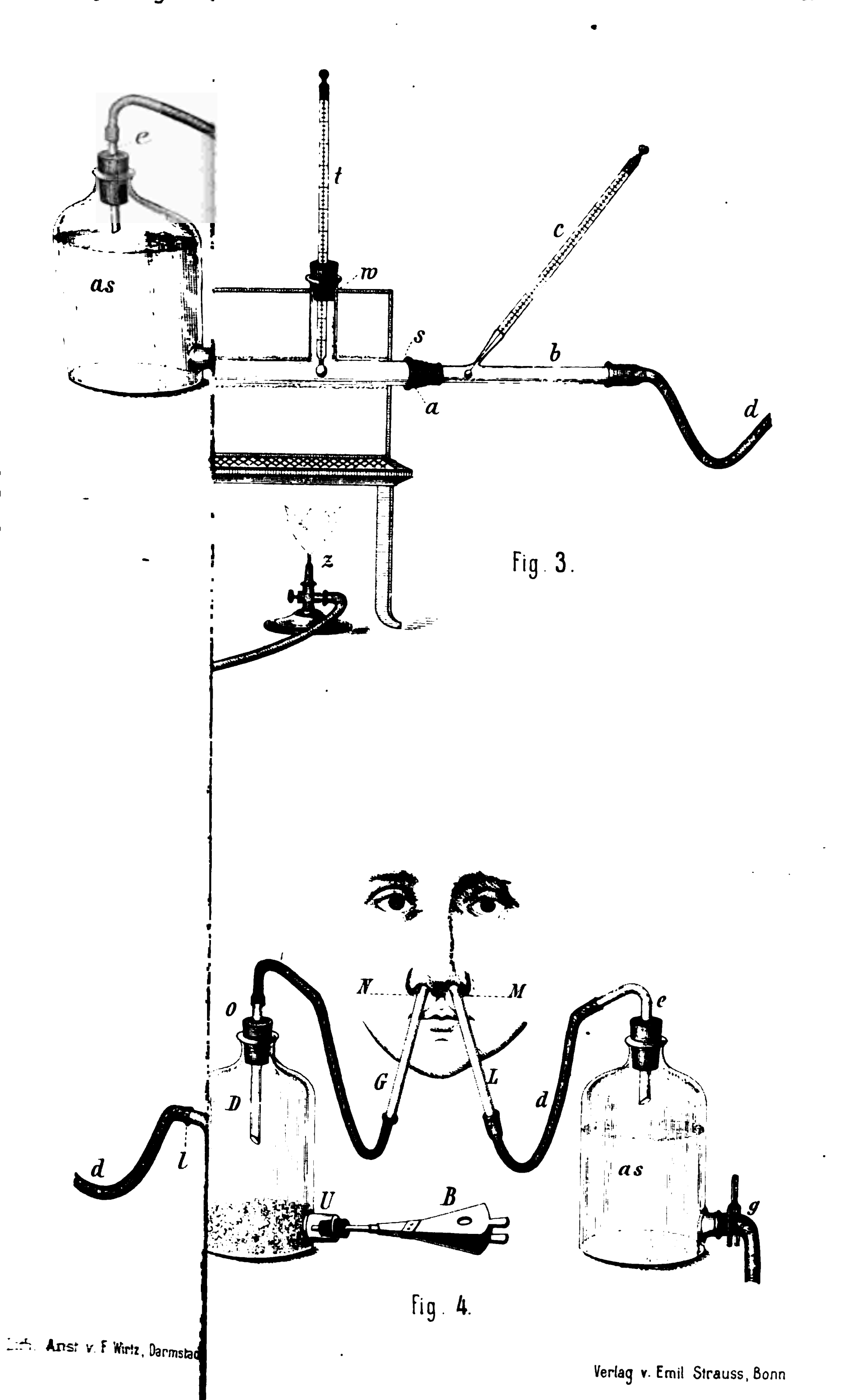


Fig. 3.

Fig. 4.

Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt
Verlag v. Emil Strauss, Bonn



Zum Problem der Vererbung.

Von

Dr. **W. Detmer,**

Professor an der Universität in Jena.

Es darf als eine unzweifelhaft feststehende Thatsache angesehen werden, dass die mannigfaltigsten äusseren Einflüsse (Temperatur- und Beleuchtungsverhältnisse, Nahrung, Boden etc.) verändernd auf den Organismus der Pflanzen und Thiere einzuwirken vermögen. Ich komme auf diese Thatsache weiter unten specieller zurück.

In neuerer Zeit ist nun die Frage vielfach behandelt worden, ob die von dem Individuum unter dem Einfluss äusserer Ursachen erworbenen Eigenschaften vererbt werden können, oder ob dies nicht möglich erscheint. Genauere Ueberlegung führt sehr bald zu der Ueberzeugung, dass die Beantwortung der aufgeworfenen Frage mit vielen Schwierigkeiten verbunden ist.

Das Material zur Lösung unseres Problems muss aus dem Gebiete der verschiedensten Wissenschaften, zumal der Botanik, Zoologie, Physiologie, Pathologie und Landwirthschaftswissenschaft, herbeigeschafft werden, ein Umstand, welcher dem Einzelnen das Eindringen in die Frage nach der Erblichkeit erworbener Charaktere naturgemäss nicht gerade erleichtert.

Ich habe an dieser Stelle im Wesentlichen nur die Absicht, einige Gesichtspunkte und verschiedene mich schon lange beschäftigende Gedanken geltend zu machen, die, wie ich glaube, die Sache, um welche es sich hier handelt, in ein neues Licht stellen, jedoch sei es zunächst gestattet, den augenblicklichen Stand unseres Problems in aller Kürze anzugeben.

Darwin spricht sich in seinem Werke über die Entstehung der Arten für die Ansicht aus, nach welcher Eigenschaften, die ein Individuum in Folge des Einflusses äusserer Verhältnisse er-

worben hat, auf die Nachkommen vererbt werden können [1]). Noch bestimmter vertritt er diese Anschauung in seinem Werke über das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication [2]). Ebenso ist Haeckel [3]) ein Anhänger derselben Ansicht.

Nägeli [4]) äussert sich in seiner mechanisch-physiologischen Theorie der Abstammungslehre zunächst wie folgt über unser Problem: „In erster Linie ist also hervorzuheben, dass es zweierlei Arten der Veränderung giebt, deren stete Vermengung die vielfachen unrichtigen Urtheile veranlasst. Die eine ist vorübergehend und währt nur so lange als die Ursache anhält; die andere ist dauernd und bleibt, nachdem die Ursache aufgehört zu wirken. Nur die letztere ist der Vererbung fähig und kommt bei der Abstammung in Betracht." Vorübergehende Veränderungen, die also nicht vererbt werden können, bewirken nach Nägeli gewisse klimatische sowie die Nahrungseinflüsse, und er sucht diese seine Anschauung durch Anführung einer Reihe von Beispielen näher zu begründen. Als äussere Ursachen bleibender und erblicher Veränderungen sind hingegen nach unserem Autor viele Einflüsse der Aussenwelt anzusehen, welche zahlreiche Generationen hindurch auf die Organismen einen Reiz ausüben. Diese äusseren Ursachen geben, wie besonders zu betonen ist, zur Herausbildung der Anpassungen Veranlassung, während die Organisationsverhältnisse der Pflanzen und Thiere im Allgemeinen nach Nägeli nicht Folge äusserer Einflüsse sind, sondern ihren Grund in Umgestaltungen haben, welche die Organismen ausschliesslich kraft der ihnen innewohnenden specifischen Natur vollziehen.

Eigenthümliche Ansichten hat Weismann [5]) kürzlich über die Frage nach der Erblichkeit erworbenen Eigenschaft ausgesprochen. Er leugnet die Erblichkeit unter dem Einfluss äusserer Einwirkungen erworbener Eigenschaften, nachdem Pflüger [6]) dieselbe Ansicht schon früher in Verbindung mit anderweitigen theoretischen Gesichtspunkten geäussert hatte. Weismann ist

1) Vgl. zumal in 1. und 5. Kapitel des citirten Buches.

2) Vgl. S. 36 und 106 der citirten Schrift.

3) Vgl. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte, 7. Auflage, S. 191.

4) Vgl. S. 102 des citirten Buches.

5) Vgl. Weismann, Die Bedeutung der sexuellen Fortpflanzung f. d. Selectionstheorie, Jena 1886.

6) Vgl. Pflüger in diesem Archiv, 1883, Bd. 32, S. 68.

Anhänger der Descendenzlehre und Selectionshypothese. Er räumt dem Kampf ums Dasein einen weiten Spielraum in der Natur ein; aber wir halten uns hier nur an dasjenige, was unser Autor über das uns speciell interessirende Problem bemerkt. Er sagt S. 19 seiner Schrift: „Ich stelle mir vor, dass die Vererbung darauf beruht, dass von der wirksamen Substanz des Keimes, dem Keimplasma, stets ein Minimum unverändert bleibt, wenn sich der Keim zum Organismus entwickelt, und dass dieser Rest des Keimplasmas dazu dient, die Grundlage der Keimzellen des neuen Organismus zu liefern. Es besteht demnach also Continuität des Keimplasmas von einer zur anderen Generation. Man kann sich das Keimplasma vorstellen als eine lang dahinkriechende Wurzel, von welcher sich von Strecke zu Strecke einzelne Pflänzchen erheben: die Individuen der auf einander folgenden Generationen.“ Es heisst dann weiter: „Daraus folgt nun die Nichtvererbbarkeit erworbener Charaktere, denn wenn das Keimplasma nicht in jedem Individuum wieder neu erzeugt wird, sondern sich von den vorhergehenden ableitet, so hängt seine Beschaffenheit, also vor allem seine Molecularstructur nicht von dem Individuum ab, in dem es zufällig gerade liegt, sondern dies ist gewissermaassen nur der Nährboden, auf dessen Kosten es wächst; seine Structur aber ist von vornherein gegeben.“

Weismann vertritt demnach die Ansicht, dass durch den Einfluss äusserer Verhältnisse erworbene Charaktere nicht von einem Individuum auf andere vererbt werden können. Trotzdem bleibt die Thatsache erblicher individueller Verschiedenheiten bestehen, und es fragt sich daher noch immer, welche Ursachen denselben zu Grunde liegen. Diese Ursachen sind in der Form der Fortpflanzung, durch welche sich die meisten Organismen vermehren, in der sexuellen, oder wie man mit Haeckel sagen kann, der amphigonen Fortpflanzung zu suchen. Das Keimplasma der einzelnen Individuen ist verschieden, und die individuellen Charaktere des Keimplasmas sind erblich. In Folge der sexuellen Vereinigung wird die Beschaffenheit des Keimplasmas eine immer mannigfaltigere; es entstehen immer neue Combinationen erblicher individueller Charaktere. Die uranfänglichen Differenzen in der Natur des Keimplasmas der Organismen mit sexueller Fortpflanzung erklärt Weismann wie folgt. Die höheren Pflanzen und Thiere mit geschlechtlicher Fortpflanzung stammen von niederen

Organismen mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung ab. Diese letzteren sind nun dem Einflusse äusserer Einwirkungen in der Weise zugänglich, dass sie im Laufe ihres Lebens durch dieselben Veränderungen erleiden, welche als erblich betrachtet werden müssen. Unser Autor sagt S. 39 seiner Schrift: „So liegt denn die Wurzel erblicher individueller Unterschiede wieder in den äusseren Einflüssen, welche den Organismus direct verändern, aber nicht auf jeder Organisationshöhe — wie man bisher zu glauben geneigt war — kann auf diese Weise erbliche Variabilität entstehen, vielmehr nur auf der niedersten, bei den einzelligen Wesen."

Von pathologischen Gesichtspunkten ausgehend haben sich Virchow[1]) und Ziegler[2]) über die von Weismann geltend gemachten Ansichten ausgesprochen. Der erstere tritt ihnen in vielen Punkten entgegen, während der letztere ihnen der Hauptsache nach zustimmt.

Die Frage, ob unter dem Einfluss äusserer Verhältnisse erworbene Charaktere vererbt werden können, darf heute keineswegs als eine gelöste betrachtet werden. Man hat freilich immer wieder Beispiele angeführt, welche jene Frage im bejahenden Sinne zu beantworten scheinen; indessen bei sorgfältiger Ueberlegung gelangt man doch stets zu dem Schluss, dass die Beobachtungsresultate in verschiedener Weise gedeutet zu werden vermögen.

Die Lösung unseres Problems wird erst dann in vollkommener Weise möglich sein, wenn dasselbe eine ausgedehnte experimentell physiologische Behandlung erfahren haben wird. Trotzdem sind theoretische Erwägungen durchaus nicht ohne Werth.

Indem ich nunmehr dazu schreite, namentlich dem Grundgedanken Weismann's gegenüber Stellung zu nehmen, muss ich betonen, dass es gewiss erbliche Charaktere der Organismen giebt, die ihr Dasein nicht äusseren, sondern inneren Ursachen verdanken. Ebenso lehrt die Erfahrung, dass viele unter dem Einfluss äusserer Einflüsse erworbenen Charaktere nicht erblich sind. Aber Weismann geht offenbar viel zu weit, wenn er mit Rücksicht auf diejenigen Organismen, welche sich auf sexuellem Wege

1) Vgl. Virchow, Archiv für pathologische Anatomie, Bd. 103, 1886.

2) Vgl. Ziegler: Können erworbene pathologische Eigenschaften vererbt werden etc.? Jena 1886.

vermehren, die Erblichkeit unter dem Einflusse äusserer Verhältnisse erworbener Eigenschaften in Abrede stellt. Es liegt sicher schon eine Inconsequenz darin, diese Erblichkeit für niedere Pflanzen und Thiere mit ungeschlechtlicher Fortpflanzung zuzugeben, sie aber für die höheren Organismen mit geschlechtlicher Fortpflanzung zu leugnen. Weismann steht dem ganzen uns hier interessirenden Problem gegenüber überhaupt auf einem zu einseitigen Standpunkt.

Er unterschätzt einmal die Grösse der Veränderung, welche ein Organismus durch die Einwirkung äusserer Einflüsse erfahren kann. Ferner würdigt er die Bedeutung der Correlationsvorgänge nicht genügend. Endlich verwerthet er die Thatsachen, welche über Nachwirkungen bekannt sind, bei seinen Deductionen gar nicht.

Diese verschiedenen Verhältnisse sind aber ohne allen Zweifel von grösster Wichtigkeit für die Begründung einer Theorie der Vererbung, und ich werde mich im Folgenden vom botanischen Standpunkte aus bemühen, ihren Werth für die Vererbungslehre darzuthun.

1. Auf botanischem Gebiet sind eine ganze Reihe von Thatsachen (einige derselben sollen hier angeführt werden) festgestellt worden, die uns lehren, dass der Einfluss äusserer Umstände auf die Pflanzen häufig ein sehr tiefgreifender ist. Die Einwirkungen modificiren nicht allein das äussere Aussehen der Pflanzentheile, sondern gestalten sogar den anatomischen Bau in auffallendster Weise um.

Stellt man einen Querschnitt durch einen fiederförmig verzweigten Spross von Thuja occidentalis her, so findet man bei mikroskopischer Untersuchung, dass das Mesophyll an der Sprossoberseite anders als an der Unterseite beschaffen ist. Die grünen Zellen der Sprossoberseite sind reich an Chlorophyllkörpern und besitzen eine pallisadenförmige Gestalt; die chlorophyllärmeren Mesophyllzellen der Sprossunterseite erscheinen von nahezu isodiametrischer Form. Die Dorsiventralität der Thujasprosse prägt sich noch in anderweitigen Verhältnissen aus, die wir hier aber unberücksichtigt lassen. Werden Thujazweige in zeitigem Frühjahr vor ihrem Austreiben, ohne sie von der Pflanze abzutrennen, durch Festbinden in verkehrte horizontale Lage gebracht, so dass also ihre Unterseite zenithwärts gewendet ist, dann findet

man, wie die Untersuchungen von Frank[1]) zuerst gelehrt haben, dass der Jahreszuwachs freilich auch wieder eine dorsiventrale Natur annimmt, aber sich in seinem anatomischen Bau doch wesentlich von den schon vorhanden gewesenen Sprosstheilen unterscheidet. Die Oberseite der neu entstehenden Sprosstheile, welche also die Fortsetzung der Unterseite der älteren Sprosstheile bildet, ist nämlich anatomisch derartig beschaffen, wie die Oberseite dieser letzteren. Die Dorsiventralität der Thujasprosse, die sich z. B. in der Entwickelung des Pallisadenparenchyms auf ihrer Ober- und der Ausbildung des Schwammparenchyms auf ihrer Unterseite ausprägt, ist also Folge einer äusseren Kraftwirkung, und zwar muss hier, nach allem was wir wissen, das Licht als ursächliches Moment angesehen werden.

Kohl[2]) hat experimentell nachgewiesen, dass Tropaeolumpflanzen, von denen einige in feuchter, andere in trockener Luft, alle aber unter sonst gleichen Verhältnissen cultivirt wurden, Blätter von verschiedenen anatomischen Eigenschaften erzeugen. Die in trockener Luft erwachsenen Blätter sind mit einer dicken Cuticula versehen, und das Gewebe unter der Epidermis ist stark collenchymatisch ausgebildet, während den in feuchter Luft zur Entwicklung gelangten Tropaeolumblätter eine schwach cuticularisirte Epidermis und kein Collemchym eigenthümlich ist.

Nach Stahl's[3]) Beobachtungen ist der anatomische Bau der Blätter einiger Pflanzenarten, je nachdem sich dieselben im Schatten oder unter dem Einfluss intensiver Beleuchtung entwickelt haben, in hohem Grade verschieden. Das Assimilationsparenchym der Sonnenblätter der Buchen besteht z. B. fast seiner ganzen Masse nach aus Pallisadenzellen, während diese in den Schattenblättern der Buche sehr zurücktreten, ein Umstand, der, wie hier nicht näher erläutert werden kann, von erheblicher Bedeutung für die Function der Blätter ist. Auch Heinricher[4]) führt Beispiele an, aus denen hervorgeht, dass die Beleuchtungsverhältnisse von

1) Vgl. Frank in Pringsheim's Jahrbücher f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 9, S. 147.

2) Vgl. Kohl, die Transpiration der Pflanzen, Braunschweig 1886.

3) Vgl. Stahl, Einfluss d. sonnigen u. schattigen Standortes auf die Ausbildung der Blätter. Jena 1883.

4) Vgl. Heinricher in Pringsheim's Jahrbüchern f. wissenschaftl. Botanik, Bd. 15.

wesentlichem Einfluss auf die anatomische Ausbildung der Blätter verschiedener Individuen der nämlichen Pflanzenart sind. Die neuere botanische Literatur hat uns überhaupt mit sehr zahlreichen Thatsachen über die Beziehungen zwischen den morphologischen sowie anatomischen Eigenthümlichkeiten der Gewächse und den klimatischen Einflüssen oder anderweitigen Lebensbedingungen, denen die Organismen ausgesetzt sind, bekannt gemacht. Die Leser dieser Zeitschrift werden mit manchen dieser Untersuchungsresultate bekannt sein, und es ist nur noch erforderlich, auf einen principiell wichtigen Umstand hinzuweisen.

Es ist, wie wir gesehen haben, in gewissen Fällen möglich, den anatomischen Bau bestimmter Pflanzenorgane auf experimentellem Wege zu modificiren. Hier tritt dann die Relation zwischen jenem und den äusseren Einflüssen unzweifelhaft klar hervor. Diese letzteren wirken als Ursache. Die anatomische Gestaltung der Pflanzenglieder ist Folge dieser Ursache.

Wenn nun die Gewächse bezüglich ihrer morphologischen sowie anatomischen Ausbildung thatsächlich in einem so hohen Grade, wie es der Fall ist, denjenigen äusseren Bedingungen, unter welchen sie in der Natur existiren müssen, angepasst erscheinen, dann hat man unter Berücksichtigung der Ergebnisse der erwähnten experimentellen Untersuchungen sicher sehr viel Grund zu der Annahme, dass die Anpassungen der Organismen an die Lebensbedingungen im Wesentlichen ihre Ursachen in diesen letzteren haben. Es wird im höchsten Grade wahrscheinlich, was freilich in einem directen Gegensatz zu den Anschauungen Weismann's steht, dass die äusseren Einflüsse zur Entstehung erblicher individueller Merkmale Veranlassung geben. Der positive Beweis für die Richtigkeit dieses Satzes ist allerdings im Einzelfalle sehr schwierig zu führen, denn viele Charaktere, die durch Generationen hindurch von einem Individuum auf andere vererbt worden sind, lassen sich nicht leicht wieder beseitigen, und gerade dieser Umstand ist es, welcher der experimentellen Behandlung unseres Problems so grosse, in vielen Fällen sogar unüberwindliche Hindernisse in den Weg stellt.

2. Wenn äussere Einflüsse zur Entstehung erblicher individueller Merkmale Veranlassung geben sollen, so ist als eine unerlässliche Bedingung dazu natürlich diese anzusehen, dass die äusseren Einflüsse nicht nur modificirend auf bestimmte Glie-

der des Organismus, sondern zugleich direct oder indirect auf die Sexualzellen einwirken. Wir sind heute freilich nur im Stande, uns hypothetische Vorstellungen über den Modus dieser Beeinflussung der Geschlechtselemente zu bilden. Dass eine solche aber überhaupt erfolgen kann, erscheint mir bei unbefangener Erwägung der Verhältnisse sicher zu sein. Beweisende Thatsachen, welche als unmittelbares Resultat von Experimenten gelten könnten, stehen allerdings nicht zur Verfügung; indessen wissen wir, dass Einflüsse, die ein Organ eines Individuums treffen, modificirend auf das Verhalten anderer, nicht direct gereizter Organe einwirken, und die Annahme, nach welcher auch die Sexualzellen in solcher Weise durch Correlation beeinflusst werden können, liegt denn doch sehr nahe. Ich habe mich in den letzten Jahren von der Richtigkeit der wichtigsten in neuerer Zeit über Correlationserscheinungen im Pflanzenreich festgestellten Thatsachen überzeugt und will hier einige derselben kurz erwähnen.

Wenn man junge Fichten (ich experimentirte mit im Walde stehenden, etwa mannshohen Pflanzen) ihres Gipfels beraubt, so ergiebt sich, dass sich im Laufe von 1—3 Jahren einer oder mehrere der horizontal abstehenden Seitensprosse des obersten Quirls erheben. Einer der Seitensprosse gewinnt gewöhnlich die Oberhand; er ersetzt dann den entfernten Gipfeltrieb vollständig. Dies zeigt sich nicht allein in seinem orthotropen Wuchs, sondern auch in der Form seiner Verzweigung. Ein horizontaler Seitenspross der Fichte verzweigt sich vorwiegend in horizontaler Richtung nach rechts und links, während ein normaler Gipfeltrieb oder ein diesen ersetzender aufgerichteter Seitenspross der Fichte vier- oder fünfgliederige Astquirle bildet.

In hohem Grade lehrreich ist es mit Rücksicht auf die uns hier interessirenden Correlationserscheinungen die Eigenthümlichkeiten des Verhaltens der Knospenschuppen verschiedener Pflanzen genauer ins Auge zu fassen[1]. Bei Aesculus und Pavia sind die äusseren Schuppen der Winterknospen braun und häutig. Es folgen dann saftige, grüne, recht grosse Schuppen und endlich die Laubblätter. Die entwickelungsgeschichtliche Untersuchung lehrt schon, dass alle Knospenschuppen nichts anderes sind als auf einer geringen Stufe der Ausbildung zurückgebliebene Laubblätter,

1) Vgl. Goebel, Botan. Zeitung, 1880, S. 771 u. 807.

und zu dem nämlichen Resultat führt das folgende Experiment. Wenn man Aesculus- oder Paviasprosse gleich nach dem Austreiben der Winterknospen, ohne die Zweige von der Mutterpflanze abzutrennen, entgipfelt und ihrer Blätter beraubt, so entwickeln sich die in den Blattachseln angelegten Knospen im Laufe des Sommers zu Laubtrieben, während sie normaler Weise zu Winterknospen geworden wären. Das Merkwürdige der sich geltend machenden Correlationserscheinung besteht nun eben darin, dass die zur Ausbildung kommenden Triebe keine Knospenschuppen, sondern (so beobachtete ich es wenigstens bei meinen Experimenten) nur Zwischenformen zwischen Knospenschuppen und Laubblättern, sowie Laubblätter produciren. Die untern Blätter der Sprosse haben kleine, aber schon gegliederte Spreiten, und diese letzteren sitzen einem grünen, schuppenartigen Blatttheil auf, während die höher stehenden Blätter die Gestalt normaler Laubblätter besitzen. Es besteht bei Aesculus und Pavia sowie auch bei anderen Gewächsen demnach eine sehr ausgeprägte Correlation zwischen dem Vorhandensein resp. der Abwesenheit des Gipfels und den Blättern einerseits und der Form andererseits, in der die Entwickelung der Knospen vor sich geht.

Unter Berücksichtigung des Gesagten wird man die Ansicht gewiss nicht von der Hand weisen können, dass äussere Umstände die Geschlechtszellen, wenn nicht direct, so doch indirect durch Correlation beeinflussen, und auf diese Weise zur Entstehung erblicher individueller Merkmale Veranlassung geben. Wenn Weismann sich einer solchen Anschauung gegenüber ablehnend verhält, so hat das seinen Grund in dem Umstande, dass er bei seinen gesammten Deductionen über Erblichkeitsverhältnisse seine Lehre von der Continuität des Keimplasmas zu einseitig in den Vordergrund stellt.

3. Weismann hat endlich die Thatsachen, welche über die merkwürdigen Nachwirkungserscheinungen bekannt sind, in keiner Weise bei der Untersuchung des Problems der Vererbung verwerthet, obgleich diese Thatsachen ohne Zweifel von sehr grosser Wichtigkeit erscheinen. Ich hege bereits seit vielen Jahren die Ueberzeugung, die sich mir zuerst im Jahre 1876 bei Gelegenheit meiner Arbeiten über die Periodicität des Wurzeldrucks aufdrängte, dass die Vererbungs- und Nachwirkungsphänomene nur graduell, nicht aber dem Wesen nach verschieden sind, eine Anschauung, welche zum Ausgangspunkt für experimentelle Forschungen über

Vererbung werden kann. Freilich spielen sich die Nachwirkungen nur im individuellen Leben eines Organismus ab, während die Vererbung über das individuelle Leben auf die Nachkommen hinausgreift, aber trotzdem kann dem aufmerksamen Beobachter die Wesensgleichheit der in Rede stehenden Erscheinungen nicht entgehen [1]).

Ich will von vornherein bemerken, dass ich eine Reihe von Nachwirkungsphänomenen, die man im Pflanzenreich beobachtet, hier ausser Acht lasse. So z. B. die geotropischen und photoepinastischen Nachwirkungen [2]). Wenn ein Spross kurze Zeit lang in horizontaler Lage verweilt hat und noch fortfährt, nachdem er in verticale Stellung gebracht worden ist, sich geotropisch zu krümmen, oder wenn im Dunkeln erwachsene Blätter, die man kurze Zeit beleuchtet hat, nach erfolgter vorübergehender Beleuchtung jetzt auch im Dunkeln ein epinastisches Wachsthum zeigen, so haben wir es in diesen Fällen mit Nachwirkungserscheinungen zu thun, die ihren Grund nur darin haben, dass gewisse in der Pflanze durch äussere Einflüsse hervorgebrachte Bewegungszustände nicht sofort nach Beseitigung der dieselben verursachenden Momente zum Stillstande gelangen, sondern noch eine gewisse Zeit lang fortdauern. Andere Nachwirkungsphänomene sind viel complicirterer Natur; sie mögen freilich durch Bindeglieder mit dem Erwähnten in Beziehung stehen. Zunächst einige Beispiele.

Werden kräftige Exemplare von Helianthus, Ricinus, Cucurbita etc., die sich zunächst längere Zeit unter normalen Lebensbedingungen entwickelt haben, decapitirt, und setzt man die Untersuchungsobjecte nunmehr, nachdem man die Stammstümpfe mit einem Steigrohr verbunden hat, im Dunkeln constant bleibenden Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen aus, so lässt sich bekanntlich feststellen, dass der Saftausfluss, welcher jetzt beobachtet

---

1) Solche Gedanken leiteten mich schon beim Niederschreiben einiger Bemerkungen auf S. 50 meiner Abhandlung über die Theorie des Wurzeldrucks, welche in Preyer's Sammlung physiologischer Abhandlungen, Bd. 1, H. 8, Jena 1877, veröffentlicht worden ist. Aehnliche Ansichten hat Pfeffer S. 266 des 2. Bandes seines Handbuchs der Pflanzenphysiologie ausgesprochen. Vgl. auch Detmer, Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Breslau 1883, S. 380.

2) Ueber photoepinastische Nachwirkungen, vgl. Detmer in der botan. Zeitung, 1882, Nr. 46.

werden kann, eine Periodicität besitzt. Der Wurzeldruck presst aus dem Stammquerschnitt in der Zeiteinheit nicht immer die nämliche Flüssigkeitsmenge hervor, sondern es machen sich Schwankungen im Saftausfluss geltend, derartig, dass im Allgemeinen das Maximum des Saftausflusses auf die Nachmittagstunden, das Minimum aber auf die frühen Morgenstunden fällt. Der Saftausfluss kann tagelang fortdauern, und Baranetzky[1]) sowie ich[2]) sind durch unsere Untersuchungen über den Wurzeldruck zu dem Resultat gelangt, dass die Ursache der täglichen Periodicität des Wurzeldruckes in dem Wechsel der Beleuchtungsverhältnisse zu suchen ist, denen die Untersuchungsobjecte, bevor sie zum Experiment Verwendung fanden, ausgesetzt waren. Für diese Ansicht spricht z. B. die Thatsache, dass in völliger Dunkelheit erwachsene, etiolirte Pflanzen nach dem Decapitiren wohl einen Saftausfluss unter dem Einfluss des Wurzeldrucks, aber keine Periodicität desselben erkennen lassen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass Dunkelheit beschleunigend auf das Wachsthum der Pflanzen einwirkt, während Beleuchtung dasselbe verlangsamt. Werden geeignete Gewächse daher bei constant bleibenden sonstigen Umständen dem Wechsel von Tag und Nacht exponirt, und bestimmt man die Grösse der Zuwachsbewegung ihrer Glieder, so findet man den Zuwachs zur Nachtzeit erheblicher als zur Zeit des Tages. Merkwürdig ist nun, wie Baranetzky[3]) gefunden hat, dass diese tägliche Wachsthumsperiode nicht sofort verschwindet, sondern im Gegentheil oft noch lange Zeit hindurch als Nachwirkungserscheinung beobachtet werden kann, wenn die Untersuchungsobjecte in constante Finsterniss gelangen, nachdem sie vorher normalen Beleuchtungsverhältnissen ausgesetzt gewesen waren.

Bei Beobachtungen über die Stellungsverhältnisse der Blättchen von Mimosa pudica und Acacia lophanta findet man, dass dieselben am Tage ausgebreitet sind, sich mit eintretender Dunkel-

---

1) Vgl. Baranetzky, Abhandlung d. naturforsch. Gesellschaft zu Halle, Bd. 13.

2) Vgl. meine citirte Abhandlung über die Theorie des Wurzeldrucks.

3) Vgl. Baranetzky, Mémoires de l'acad. imp. de St. Petersbourg, T. 27.

heit aber mit ihren Oberseiten zusammenlegen. Die hier in Betracht kommenden Variationsbewegungen haben ihren Grund in dem Wechsel der Beleuchtungsverhältnisse. Bringt man kräftig entwickelte Mimosa- oder Acaciaexemplare in konstante Finsterniss, so dauern die Variationsbewegungen noch tagelang (bei meinen Versuchen 4 oder 5 Tage lang) fort; die Blättchen sind zur Nachtzeit zusammengelegt, zur Tageszeit aber ausgebreitet. Pfeffer[1]) verdunkelte Mimosaexemplare zur Tageszeit, beleuchtete sie aber zur Nachtzeit künstlich. Nach längerer Zeit gelangten die Untersuchungsobjecte nun in konstante Finsterniss; sie breiteten ihre Blättchen jetzt Abends aus, legten dieselben aber zur Tageszeit zusammen, Beweis genug dafür, dass der Rhythmus der Nachwirkungsbewegung durchaus abhängig ist von der Art des Beleuchtungswechsels, dem die Pflanzen ausgesetzt gewesen waren.

Wenn viele unserer Bäume und Sträucher im Herbst ihr Laub verlieren und Winterknospen bilden, die sich erst im nächsten Frühjahr entfalten, so sind dies offenbar Eigenthümlichkeiten der Pflanzen, die ihren Ursprung den klimatischen Verhältnissen unserer Breiten verdanken. Werden mit Winterknospen besetzte Zweige im Herbst abgeschnitten, mit ihrer Basis in Wasser gestellt und ins Warmhaus gebracht, so entfalten sich die Knospen nicht, wie man vielleicht erwarten könnte, alsbald, sondern es vergehen oft Monate, bis sie austreiben. Daraus geht hervor, dass die Jahresperiode der Gewächse heute keineswegs mehr als eine Erscheinung betrachtet werden darf, die in unmittelbarer Abhängigkeit von äusseren Verhältnissen steht. Diese letzteren indicirten die Jahresperiode freilich einmal, aber allmählich wurde sie durch Nachwirkungen und Vererbung mehr und mehr im Organismus fixirt und ist daher jetzt nicht mehr ohne weiteres zum Verschwinden zu bringen. Dies kann aber ganz allmählich und unter der Einwirkung veränderter klimatischer Verhältnisse geschehen. Einen Beweis liefert z. B. der Umstand, dass unsere Kirsche auf Ceylon zu einem immergrünen Baum geworden ist.

Die Uebereinstimmung im Wesen der Nachwirkungs- und vieler Vererbungsphänomene ist nach demjenigen, was wir hier

---

1) Vgl. Pfeffer, Die periodischen Bewegungen d. Blattorgane, Leipzig 1875, S. 55.

gesehen haben, offenbar darin zu suchen, dass beide Erscheinungsgruppen sich ohne die unmittelbare Mitwirkung der dieselben ursprünglich hervorrufenden Ursachen geltend machen. Die Nachwirkungen sind unzweifelhaft Folge äusserer Einflüsse, denen der Organismus zu einer bestimmten Zeit ausgesetzt gewesen war; viele erblich gewordene Charaktere der Pflanzen sowie Thiere sind sicher ebenfalls durch äussere Einflüsse inducirt. Weismann's Anschauungen erweisen sich demnach auch unter Berücksichtigung der zuletzt geltend gemachten Gesichtspunkte als nicht genügend begründet.

Jena, im Juni 1887.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Strassburg.)

Aendert sich das Volumen eines Muskels bei der Contraction?

Von

Prof. **J. Rich. Ewald.**

Hierzu 2 Holzschnitte.

Diese Frage ist in älterer und neuerer Zeit[1]) vielfach untersucht worden, ohne zu einem befriedigenden Abschluss gekommen zu sein. Im Allgemeinen hat jeder spätere Beobachter das entgegengesetzte Resultat von dem seines Vorgängers erhalten. Da aber immer neue Methoden zur Untersuchung verwendet worden sind, so wäre es ja möglich, dass die Verschiedenheit der Resultate auf die verschiedene Feinheit der Untersuchungsmethoden

1) Die einschlägige Literatur findet sich zusammengestellt in Hermann's Handbuch der Physiologie. Bd. I, Abthl. 1, p. 14 u. 15.

zurückzuführen wäre. Nachfolgende Zeilen werden indess diese Erklärung widerlegen, denn es findet auch bei Anwendung von bedeutend empfindlicheren Methoden als den bisher benutzten keine nachweisbare Volumenverminderung statt.

Wie gross die Empfindlichkeit war, die die früheren Autoren mit ihren Methoden erreicht haben, lässt sich freilich nicht genau feststellen — es fehlten die nöthigen Angaben über die Dimensionen der Apparate — aber sie war keinenfalls auch nur annähernd so gross wie bei den entsprechenden von mir angestellten Versuchen. Da ich nun auch nicht die geringste Volumenverminderung wahrnehmen konnte, so blieb schliesslich nur noch der Einwand übrig, dass vielleicht meine Methode — es war im Wesentlichen die Erman'sche — nicht ganz zuverlässig sei. In der That spielt bei allen bisher angewandten Methoden der Capillardruck eine gewisse und unter Umständen sicherlich eine störende Rolle; bei der Erman'schen Steigröhre in dieser selbst, bei Kühne's Aräometer und bei Valentin's Wage an den Stellen, wo der Aräometerhals oder der Coconfaden durch das Niveau der Flüssigkeit treten.

Nun bin ich zwar davon überzeugt, dass diese Fehlerquelle in meinen eigenen Versuchen — erste Versuchsreihe — viel zu gering war, um auf das Resultat irgend welchen Einfluss zu haben, da aber der Beweis hierfür nur schwierig zu führen gewesen wäre, so stellte ich noch eine zweite Versuchsreihe mit einer neuen Methode an, die jedenfalls von genannter Fehlerquelle ganz frei ist. Diese Methode besteht darin, den völlig frei schwebenden Muskel zu beobachten. Ihre Empfindlichkeit steht freilich hinter derjenigen meiner andern Versuche weit zurück, immerhin ist sie wohl noch grösser als die von meinen Vorgängern erreichte und jedenfalls gross genug um für unser Bedürfniss an Genauigkeit die Frage zu entscheiden.

Der Muskel nimmt also bei seiner Contraction nicht an Volumen ab. Wenn aber dem so ist und daher die Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode nicht mehr zur Erklärung herangezogen werden kann, wie sind dann die abweichenden Resultate der früheren Autoren möglich gewesen? Es erscheint vollständig räthselhaft, dass Erman, Marchand, Ed. Weber und Valentin eine Volumenabnahme — und noch dazu eine recht grosse — beobachten konnten. Joh. Müller hat die Vermuthung ausgesprochen, es

könnte sich vielleicht um Compression von Luft im Innern des Muskels handeln. Aber abgesehen davon, dass ich diesen Einwand wie unten ausführlich gezeigt werden soll, nicht gelten lassen möchte, ist diese Fehlerquelle durch das Schlachten der Thiere unter ausgekochtem Wasser von Marchand und Ed. Weber ganz ausgeschlossen worden.

Eine andere Erklärung ist nicht zu finden. Denn bei der grossen Einfachheit und Uebersichtlichkeit der Versuche dürfen wir weder an Beobachtungsfehler noch an eine mangelhafte Versuchsanordnung denken und wenn wir schliesslich die Fehlerquellen, auf die man allenfalls verfallen könnte, durchgehen, so finden wir, dass sie immer nur eine Volumenzunahme aber keine Abnahme vortäuschen würden.

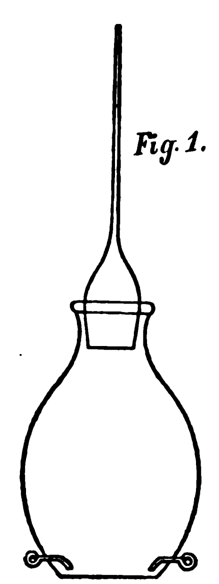
Da es mir nun wichtig schien die Ursache dieser merkwürdigen Widersprüche aufzudecken, so habe ich auch die Versuche von Erman, Ed. Weber und Valentin in der Weise wiederholt, dass ich mich möglichst genau an ihre Angaben hielt. Es glückte mir auch wirklich Fehlerquellen zu finden, die die abweichenden Resultate von Erman, Marchand und Weber erklären können, und damit ist, glaube ich, in diesem Falle schon etwas gewonnen.

Beobachtung des Niveaus in einer Steigröhre.

Diese Methode wandten eigentlich schon die ältesten Forscher, wie Swammerdam, Glisson u. s. w. an, nur dass sie noch keine Steigröhre benutzten, sondern das Niveau der Flüssigkeit in dem Gefäss selbst beobachteten. Natürlich wird aber die Methode erst für genauere Bestimmungen brauchbar, wenn man sich wie Erman des grossen Vortheils einer Steigröhre bedient.

Ich halte diese Methode für die bei Weitem empfindlichste, wenn man sie in richtiger Weise und unter günstigen Bedingungen (was freilich Erman und seine Nachfolger nicht gethan haben) zur Ausführung bringt. Es ist klar, dass die Beobachtung der Niveauveränderungen desto genauer wird, je enger die Steigröhre ist und man muss sie daher zu einer Capillare ausziehen. Diesen Vortheil hat sich Ermann entgehen lassen indem er den einen Zuleitungsdraht durch die Steigröhre selbst zog. Denn wenn man auch auf diese Weise dem Steigraum einen sehr kleinen Querschnitt geben könnte indem man die Dicke des Drahtes so wählt,

dass er beinahe das ganze Lumen der Röhre ausfüllt, so würde man dadurch doch keinen Vortheil haben, denn es würde nun der Steigraum von der regelmässig cylindrischen Gestalt des Drahtes abhängig und müsste entsprechend jeder Biegung dieses letzteren verschiedene Formen annehmen. Mit einer Capillare erreicht man überdies sehr leicht einen so kleinen Querschnitt, dass, wenn man nach Erman's Vorgang verfahren wollte, der durch die unvermeidlichen Unregelmässigkeiten in der Gestalt des Steigraums wechselnde Capillardruck zu einer jede Beobachtung störenden Fehlerquelle werden würde. Ein weiterer Fehler der Erman'schen Methode beruht in dem Verschluss des Gefässes durch einen einfachen Korkpfropfen, dessen Unbrauchbarkeit wir später noch ausführlich zu besprechen haben.



Figur 1.

Ich selbst habe diese Methode in folgender Weise angewandt. In ein kleines Glasfläschchen (Pyknometer) Figur I werden dicht über dem Boden zwei Platindrähte eingeschmolzen, so dass sie sich diametral gegenüberstehen. Sie reichen einige Millimeter weit in das Fläschchen hinein und sind darin nach abwärts gebogen. Aussen bilden sie kleine Oesen, in die man leicht die Leitungsdrähte einhängen kann, die zu einem Reizinductorium führen. Der eingeriebene Glasstopfen des Fläschchens ist hohl und endigt in einer kurzen dickwandigen Steigröhre. Sie wird zu einer feinen Capillare ausgezogen[1]).

Ich verwandte zu diesen Untersuchungen immer den Gastrocnemius eines Frosches. Das Thier wurde unter ausgekochtem Wasser getödtet und enthäutet. Das Wasser enthielt, wie in

1) Da ich gesehen habe, dass auch geübte Glasbläser in Verlegenheit gerathen können, wenn sie eine dickwandige Röhre mit einem engen Lumen zu einer Capillare ausziehen sollen, weil die Röhre immer zuschmilzt, so sei hier der eigentlich selbstverständliche Kunstgriff erwähnt, dass man zuerst die Röhre zu einer kleinen Kugel aufzublasen hat und dass man diese dann auszieht.

allen Fällen, wenn in dieser Arbeit von ausgekochtem Wasser die Rede ist, 0,6 Proc. Kochsalz. Während der Frosch nun immer unter Wasser blieb, präparirte ich den Gastrocnemius frei und löste ihn schliesslich ganz vom Körper ohne den Nerv. ischiadicus mit zu nehmen. In das ebenfalls mit ausgekochtem Wasser gefüllte Fläschchen gebracht, fällt der Muskel vermöge seines grösseren specifischen Gewichts zu Boden und kommt zwischen den Electroden zu liegen. Das Fläschchen wird nun soweit aufgefüllt, dass sich das Wasser in einem Meniscus über den Rand wölbt. Dann ist noch der Glasstopfen zu füllen: Man zieht über die weite Oeffnung desselben ein Stückchen Gummischlauch und saugt, während man die Oeffnung der Capillare unter Wasser hält, letztere und die Höhlung des Stopfens so weit voll, bis man mit einer Pipette den Rest bequem nachfüllen kann. Das Ueberziehen des Gummischlauchs hat dabei nur den Zweck, ein etwaiges Herabfliessen von Speichel in den Stopfen zu verhindern. Der auf diese Weise ganz gefüllte Stopfen wird in das Fläschchen eingesetzt. Dies vollzog sich bei meinem Fläschchen ohne weitere Schwierigkeit, da beim langsamen Umdrehen des Stopfens keine Luftblase in denselben eindrang. Hat die Flasche aber einen etwas weiteren Hals, so muss man den gefüllten Stopfen zuerst mit einem Scheibchen Papier bedecken, das man dann fortzieht, wenn er sich über der Flaschenöffnung befindet. Es ist aber unter allen Umständen leicht das Eindringen auch des kleinsten Luftbläschens zu vermeiden.

War der Stopfen dann fest eingedrückt und waren die Leitungsschnüre in die Platinösen gehängt, so stellte ich das Fläschchen auf ein Stativ vor ein in horizontaler Lage befindliches Mikroskop (Schieck, Object. Nr. IV) mit einem Mikrometer-Ocular. Bevor der Versuch beginnen konnte, musste noch das Niveau der Flüssigkeit, welches sich am äussersten Ende der Capillare befand, in einen mittleren Theil derselben gebracht werden. Es geschah dies durch Aufträufeln einiger Tropfen Aether auf die Wandungen des Fläschchens, wodurch das Niveau so stark zum Steigen gebracht wird, dass ein kleines Flüssigkeitsquantum aus der Capillare herausläuft resp. mit Fliesspapier aufgesogen werden kann und wenn sich unmittelbar darauf das Glas des Fläschchens wieder ausdehnt, so steht nun das Niveau in einem für die Beobachtung günstigen Abschnitt der Capillare. Nach kurzer Zeit bewegt sich

die Flüssigkeit nicht mehr oder wenigstens so langsam, dass die Untersuchung dadurch nicht gestört wird. Ist dann auch das Mikroskop genau eingestellt, so kann man nun den Muskel zur Contraction bringen, während man gleichzeitig das Niveau durch das Mikroskop beobachtet. Die für diese Vorbereitungen nöthige Zeit, von dem Moment der Köpfung des Frosches bis zur Bewegung des den Reiz vermittelnden electrischen Schlüssels, beträgt etwa 3 Minuten.

Bei keinem der zahlreich angestellten Versuche konnte ich das geringste Schwanken des Niveaus in der Capillare wahrnehmen.

Empfindlichkeit der Methode.

Nähert man dem Fläschchen die flache Hand auf einige Centimeter, während man das Niveau durch das Mikroskop beobachtet, so sieht man die Flüssigkeit mit grosser Geschwindigkeit sinken. Es rührt dies daher, dass durch die strahlende Wärme zuerst das Glas ausgedehnt wird. Erst nach einiger Zeit macht sich die Wirkung der Wärme auf die Flüssigkeit durch ein nunmehriges Steigen derselben bemerkbar. Die umgekehrte Wirkung bei der Abkühlung des Glases durch einige Tropfen Aether haben wir bereits besprochen.

Wenn das Niveau in Folge einer allmählichen Erwärmung der Flüssigkeit langsam steigt, so kann man sich davon überzeugen, dass nirgends ein Stocken, nirgends eine plötzliche Steigerung der Geschwindigkeit eintritt. Wenn man aber das Mikroskop auf das Ende der Capillare gerichtet hat und durch dasselbe das allmähliche Steigen des Niveaus beobachtet, so sieht man in dem Moment, wenn die Flüssigkeit das Ende der Capillare erreicht, eine merkwürdige Aenderung in ihrem Verhalten eintreten. Ganz gleichmässig fortschreitend ist sie bis zum Ende der Capillare gestiegen, nun aber tritt plötzlich völliger Stillstand ein und kein kleines Tröpfchen tritt, wie man erwarten sollte, aus der Capillare hervor. Wie geht das zu? Hat so plötzlich die Erwärmung der Flüssigkeit aufgehört? Natürlich nicht, sondern der Capillardruck wirkt nun dem Austreten der Flüssigkeit entgegen, und da in Folge davon der Druck im Innern des Fläschchens steigt, dehnen sich seine Wände aus, bis endlich der Druck genügend gross geworden ist um den Capillardruck zu überwinden. Jetzt erst wölbt sich das

erste Tröpfchen über die Oeffnung der Capillare. Man sieht, dass dieses Experiment, welches man nach dem negativen Ausfall der Beobachtung des Muskelvolums anstellen mag ohne das Fläschchen inzwischen berührt zu haben, die Garantie dafür giebt, dass der Stopfen dicht und fest im Fläschchen hält.

Will man sich jetzt andrerseits noch besonders davon überzeugen, dass sich auch eine kleine und plötzliche Volumzunahme im Innern des Fläschchens durch die Beobachtung des Niveaus erkennen lässt, so schiebt man die secundäre Spirale des Inductoriums so weit über die primäre, bis man eine vorher genau bestimmte Stellung erreicht, bei der eine ganz schwache Gasentwickelung an den Electroden beginnt. Durch einen kurzdauernden Schluss des electrischen Stroms bekommt man auf diese Weise eine plötzliche ganz kleine Volumenzunahme, von deren Grösse man sich ungefähr eine Vorstellung machen kann, wenn man die auf den Electroden befindlichen eben nur sichtbaren Gasbläschen ihrer Grösse nach schätzt. Mit einem solchen kurzdauernden Kettenschluss ist ein Aufschiessen des Niveaus über das ganze Gesichtsfeld verbunden. Vor dem Versuch war natürlich das Niveau wieder in einen mittleren Abschnitt der Capillare gebracht worden.

Die Capillare war innerhalb der Strecke, die zu den maassgebenden Beobachtungen benutzt wurde, sehr gleichmässig weit und völlig rund auf dem Querschnitt. Am oberen Ende dieses etwa 2 cm langen Stückes hatte ihr Lumen einen Durchmesser von 0,1417 mm, am unteren Ende betrug er 0,1474 mm. Der äussere Durchmesser war dabei etwa 0,32 mm gross. Es entsprach ferner ein Theilstrich des Mikrometeroculars 0,0075 mm. Eine Bewegung des Niveaus um einen halben Theilstrich hätte mit grösster Leichtigkeit erkannt werden müssen, auch dann, wenn sich zu gleicher Zeit das Niveau nicht in völliger Ruhe, sondern in langsamem Steigen oder Sinken befand. So erhalten wir als grösstes Volumen, welches mit Sicherheit der Muskel bei der Contraction (Tetanus) nicht verloren hat, einen Kreiscylinder von 0,00375 mm Höhe und einem mittleren Durchmesser von 0,14455 mm. Dieses Volumen beträgt 0,00006 Cubmm. Der Muskel hat also sicher kein Zehntausendstel eines Cubikmillimeters an Inhalt verloren [1]).

1) Bei einer so ausserordentlich grossen Empfindlichkeit der Methode muss man sich fragen, ob nicht bereits Fehlerquellen von sonst verschwindender

Die Methode einen in Flüssigkeit schwebenden Muskel zu beobachten.

Das alte Experiment eine Oelkugel in Flüssigkeit schweben zu lassen, wird bekanntlich so ausgeführt, dass man das Oel unter verdünnten Alkohol bringt. Durch Hinzufügen von Alkohol oder von Wasser kann man das specifische Gewicht der Mischung leicht demjenigen des Oels genau gleich machen und in Folge davon schwebt das Oel in der Mitte der Flüssigkeit. Offenbar kann man die schwebende Oelkugel wie ein Aräometer benutzen. Wir werden zunächst aus der Stellung, die sie in der Flüssigkeit einnimmt, auf das specifische Gewicht der letzteren schliessen können. Betrachten wir die Oelkugel durch ein Fernrohr, so sehen wir sie ganz langsam steigen, weil sich das specifische Gewicht der Flüssigkeit allmählich vergrössert. Denn indem der Alkohol schneller verdunstet als das Wasser wird die Mischung allmählich schwerer. Wir brauchen nur das Gefäss luftdicht zu verschliessen, dann bleibt auch die Kugel unverrückt an ihrem Platze.

Ferner können wir aber auch aus der Lage der Kugel auf das specifische Gewicht des Oels schliessen, wenn dasjenige der umgebenden Flüssigkeit constant bleibt. Hat man drei gleiche Portionen Oel, und hat man die erste Portion rein gelassen, während man zur zweiten wenige Tropfen Terpentinöl gemischt hat und zur dritten noch einige Tropfen mehr als zur zweiten und bringt man dann von jeder der drei Portionen Oel etwas in verdünnten Alkohol, dessen specifisches Gewicht gleich dem der zweiten Oelportion ist, so sieht man das reine Oel dicht über dem Boden schweben, die dritte Portion dicht unter der Oberfläche und die zweite in der Mitte. In ähnlicher Weise muss sich also auch die

---

Grösse eine Rolle spielen. Es wäre zunächst an die Erwärmung durch die elektrischen Ströme zu denken. Das negative Resultat des Versuchs kann allein nicht dafür bürgen, dass keine in Betracht kommende Ausdehnung der Flüssigkeit oder der eingeschmolzenen Drähte statt fand, denn diese Volumenszunahme konnte ganz oder theilweise durch eine gleichzeitige Abnahme des Muskelvolumens compensirt worden sein. Die betreffenden Fehlerquellen werden aber für unsern Versuch ausgeschlossen, wenn man die electrischen Ströme durch die Flüssigkeit schickt, ohne dass sich ein Muskel in ihr befindet und dann ebenfalls keine Niveauveränderung beobachtet. Auch als ich die electrischen Ströme bedeutend stärker machte, als die später bei dem Versuch benutzten, sah ich noch keine direkte Wirkung derselben.

Lage eines jeden schwebenden Körpers ändern, falls sein specifisches Gewicht durch irgendwelche Umstände zu- oder abnimmt.

Dies brachte mich auf den Gedanken einen Muskel in Flüssigkeit schwebend zu erhalten und nachzusehen, ob er während der Dauer des Tetanus sinkt. Der Muskel ist dann selbst Aräometer, aber ein Aräometer, welches nicht durch das Niveau der Flüssigkeit hindurch in die Luft ragt, so dass ein Einfluss des Capillardrucks ganz ausgeschlossen ist. Dies ist sein grosser Vorzug vor den von Kühne angewandten Aräometern. Gegenüber der Valentin'schen Methode aber hat diese Anordnung ausser dem obengenannten noch den Vortheil, dass der Muskel bei seiner Bewegung nicht den Wagebalken mit sich zu ziehen braucht.

Die Versuche wurden folgendermaassen angestellt. In einer ersten Versuchsreihe kam der Gastrocnemius des Frosches zur Verwendung. Sein specifisches Gewicht betrug in einem Fall 1,0765, in andern Fällen wich es nur wenig von dieser Zahl ab. Die Flüssigkeit, in der der Muskel schweben sollte, musste also ein gleiches specifisches Gewicht haben. Es wird dies von einer Kochsalzlösung aber erst bei etwa 10,5 % erreicht, von einer Zuckerlösung erst bei etwa 18,5 %. Da diese Lösungen von so hoher Concentration die Erregbarkeit des Musckels schon stark beeinflussen, so musste von ihnen Abstand genommen werden. Uebrigens bestand ihr Hauptnachtheil darin, dass der Muskel in ihnen durch Diffusion schwerer wird, so dass er beständig sinkt und für die Dauer eines Versuchs nicht genügend seine Lage in der Flüssigkeit beibehält. Ich wandte daher Gummilösungen an, indem ich die officinelle mucilago gummi mimosae, welche specifisch viel schwerer als der Muskel ist, mit destillirtem Wasser verdünnte. In einer solchen Lösung wird der Muskel ausgelaugt und daher allmählich leichter. Ein Zusatz von 0,6 % Kochsalz beseitigt diesen Nachtheil.

Nachdem der Frosch unter ausgekochtem Wasser decapitirt[1]) war, wurde zunächst der eine Gastrocnemius unter Wasser aus dem Körper entfernt und die Flüssigkeit auf sein specifisches Gewicht abgestimmt. Dieselbe befindet sich in einem graduirten

1) Von einer vollständigen Tödtung des Thiers wurde Abstand genommen, um die Erregbarkeit des zweiten Präparats, welches später dem Körper entnommen wurde, nicht zu sehr herabzusetzen.

Messcylinder, dessen Theilstriche den Vortheil gewähren, die Bewegung des Muskels besser wahrnehmen zu können, falls man sie direkt mit dem Auge und nicht durch ein Fernrohr beobachten will. Zur leichteren Abstimmung der Flüssigkeit hatte ich zwei Gummilösungen vorräthig, von denen die eine etwas zu schwer, die andere etwas zu leicht war. Es gewährt dies den Vortheil beim Abstimmen der Lösung nicht mit so kleinen Quanten operiren zu müssen, als wenn man reines Wasser oder andererseits die officinelle Gummilösung direct dazu verwenden würde. Dieser Vortheil ist wichtig, da es natürlich auf ein schnelles Treffen des richtigen specifischen Gewichtes sehr ankommt. Anfänglich macht dies einige Schwierigkeit, doch bald lernt man nach der Schnelligkeit mit der der Muskel sinkt oder steigt das nöthige Quantum der corrigirenden Lösung abzuschätzen. Hat man so das specifische Gewicht des Muskels erreicht, — wobei es, wie wir gleich sehen werden, auf absolute Genauigkeit zunächst noch nicht ankommt — so wird nun möglichst rasch der andere Gastrocnemius aus dem Körper entfernt und statt des ersten in die Flüssigkeit gebracht. Die specifischen Gewichte der beiden Gastrocnemien sind nie ganz genau einander gleich, schon deswegen weil es unmöglich ist von beiden genau gleichviel der specifisch schwereren Sehne abzuschneiden. Man kann daher den ersten Gastrocnemius nur zu einer annähernden Erreichung des richtigen specifischen Gewichts der Lösung für den zweiten Muskel verwenden und die endgiltige Abstimmung derselben erst dann vornehmen, wenn sich der zweite Muskel an Stelle des ersten in der Flüssigkeit befindet.

Die Reizelectroden bestanden aus einfachen Kupferdrähten mit einem isolirendem Kautschuküberzug, der an den Enden auf einer Strecke von einigen Millimetern entfernt worden war. Die beiden Drähte lagen der innern Wand des Messcylinders an, befanden sich diametral gegenüber und reichten so tief unter das Niveau der Flüssigkeit, dass die von Kautschuk entblössten Enden sich etwa in der Mitte des Cylinders befanden. Zwischen ihnen schwebte der Muskel völlig frei und ohne die Drähte zu berühren. Er nimmt dabei eine solche Lage ein, dass dasjenige Ende, welches in die Achillessehne übergeht und daher schwerer ist, sich unten befindet. Ich will dieses Ende immer das Untere, das entgegengesetzte das Obere nennen.

Während ich nun den Muskel durch ein Fernrohr beobachtete

versetzte ich ihn in einen kräftigen dauernden Tetanus. Bei Beginn der Contraction bewegt sich das obere Ende des Muskels nach unten, das untere aber gleichzeitig nach oben. Während der Dauer des Tetanus bleibt der Muskel aber wieder in völliger Ruhe schwebend und ich habe in keinem Falle das geringste Sinken seines oberen Endes wahrnehmen können. Unterbrach ich die Reizung nach einigen Secunden, so bewegte sich nun das obere Ende wieder nach oben und das untere nach unten. Dabei war jedesmal zu constatiren, dass das obere Ende sogar etwas höher hinaufkam als es vor der Reizung gewesen war. Der Muskel schwebte also nach dem Tetanus, wenn auch ohne die geringste Tendenz zum Steigen, immerhin doch etwas höher als vor demselben und man könnte auf die Annahme verfallen, der Muskel wäre während dieser Zeit etwas leichter geworden. Der Grund für dies geringe Steigen ist aber folgender: Wenn beim Beginn des Tetanus die Muskelfasern sich verkürzen, so sollte sich eigentlich, da der Muskel ja nirgends fixirt ist, das untere Ende um ebensoviel nach oben bewegen wie das obere Ende nach unten und es sollte diejenige Fläche — es braucht keine Ebene zu sein — welche dabei zwischen beiden Enden in Ruhe verbleibt in der Mitte des Muskels liegen. Nun ist aber das obere Ende des Muskels viel dicker als das untere und hat daher bei seiner Bewegung einen etwas grösseren Widerstand der Flüssigkeit zu überwinden als das letztere. In Folge davon rückt das untere Ende mehr nach oben als das obere nach unten d. h. die neutrale Fläche befindet sich in der oberen Hälfte des Muskels. Bei der nachfolgenden Erschlaffung des Muskels sollte sich dann freilich das obere Ende aus demselben Grunde weniger nach oben und das untere weiter nach unten bewegen und der Muskel solllte schliesslich seinen ursprünglichen Stand wieder einnehmen, aber das Abfallen der tetanischen Curve erfolgt viel langsamer als das Ansteigen und bei der langsameren Bewegung ist der Widerstand, den die Flüssigkeit beiden Enden darbietet, weniger ungleich. Die neutrale Fläche liegt also bei der Erschlaffung tiefer als beim Entstehen des Tetanus und der Muskel muss daher nach jedem Tetanus etwas höher schweben. Um die Richtigkeit dieser Erklärung zu beweisen, habe ich in das obere Ende des Muskels ein kurzes Stückchen eines dünnen Platindrahtes versenkt, wonach sich der Muskel umkehrte und mit dem

dickeren Ende nach unten schwebte. — Dabei musste natürlich das specifische Gewicht der Flüssigkeit entsprechend der Beschwerung des Muskels geändert werden. — Nun trat das Umgekehrte ein: nach jedem Tetanus stand der Muskel etwas tiefer als vorher.

Ich habe auch mit dieser Methode Säugethiermuskeln untersucht und auch am schwebenden Gastrocnemius des Meerschweinchens keine Spur von einem Sinken während des gleichmässigen Bestehens des Contractionszustandes sehen können. — Das specifische Gewicht des Meerschweinchen - Gastrocnemius betrug in einem Fall 1,0654. —

Empfindlichkeit der Methode.

Da man sich über den Werth einer Methode nur durch die Bestimmung ihrer Empfindlichkeit ein Urtheil verschaffen kann, so habe ich grosse Sorgfalt auf die nachfolgende Untersuchung verwandt. Um zu erfahren, wie viel der Muskel an Volumen abnehmen muss, um ein deutliches Sinken innerhalb der möglichen Beobachtungszeit (Dauer des Tetanus) konstatiren zu können, braucht man nur das Gewicht zu bestimmen, welches man auf ihn legen muss, um ein genügend schnelles Sinken hervorzurufen. Diese Gewichte machte ich mir, indem ich von einem feinen Platindraht kleine, etwa 1 mm lange Stückchen mit der Scheere abschnitt. Die Dicke des Drahtes und die Länge der einzelnen Stückchen wurden unter dem Mikroskop bestimmt. Das specifische Gewicht wurde aus der Schwere eines langen Stückes desselben Drahtes berechnet. Auf diese Weise ergab sich das Gewicht der einzelnen abgeschnittenen Drahtstückchen, von dem dann noch der Auftrieb in der Gummilösung, deren specifisches Gewicht also genau bestimmt werden musste, abzuziehen war. Es mag schwierig erscheinen, diese winzigen Gewichte auf den Muskel zu bringen, es ist das aber nicht so schwer. Man muss nur eine glatte (nicht geriefte) Pinzette nehmen und dafür sorgen, dass die Innenflächen der Branchenenden ganz sauber sind. Man nimmt das Gewichtchen mit der Pinzette auf, bringt es unter die Gummilösung in eine kleine Entfernung über den Muskel und lässt es auf den Muskel durch Oeffnen der Pinzette fallen. War das Gewicht genügend gross, um ein Sinken des Muskels von der erforderlichen Schnelligkeit zu bewirken, so machte ich die Gegenprobe und nahm das Gewicht wieder fort. Dies ist dann in der That eine

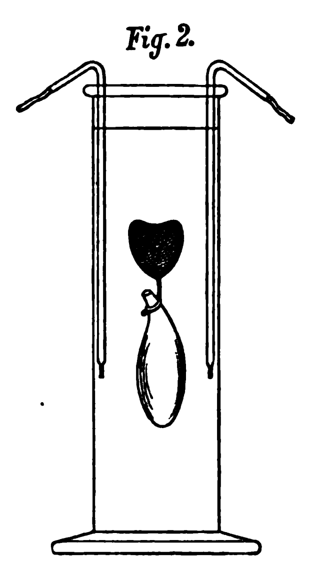
schwierigere Operation und wenn ich derartige Bestimmungen noch ein Mal zu machen hätte, so würde ich Eisendraht statt des Platindrahts anwenden und die Gewichte mit einem Magnet wieder abnehmen. Es gelingt zwar auch, die Gewichte mit der Pinzette zu fassen, aber man stösst dabei immer etwas gegen den Muskel, dieser kommt in schnelles Sinken und prallt schliesslich gegen den Boden des Gefässes an. Wenn er nun wieder steigt, hat man nicht die volle Garantie, dass dies seinen Grund in der Fortnahme des Gewichts hat. Ich machte daher immer noch eine Probe und liess dasselbe Gewicht noch ein Mal auf den Muskel fallen. Trat dann wieder ein Sinken wie früher ein, so wurde das Sinken und Steigen des Muskels der Belastung und folgenden Entlastung zugeschrieben und ich war sicher, dass mich die leicht eintretenden Fehlerquellen, die in Erwärmung, Diffusion, Abprallen vom Boden u. s. w. bestehen, nicht getäuscht hatten.

In einem Fall wog das kleinste Gewicht, das ein genügend schnelles Sinken des Muskels bewirkte, unter der Gummilösung 0,18 mgr. Das specifische Gewicht der Gummilösung betrug 1,0765. Hätte also der Muskel 0,168 cbmm an Volumen bei der Contraction verloren, so wäre dies deutlich zu erkennen gewesen. In anderen Fällen waren die Zahlen sehr ähnliche, und die die Empfindlichkeit angebende Zahl der Cubikmillimeter schwankte nur zwischen 0,150 und 0,175.

In Wasser schwebender Muskel.

In der vorigen Methode, den Muskel in Gummilösung schweben zu lassen, ist die relative Unempfindlichkeit sehr auffallend. Sie rührt zum Theil daher, dass nicht nur ein Sinken des Muskels, sondern auch eine bestimmte Schnelligkeit dieser Bewegung gefordert wird. Wendet man nun zur Belastung kleinere Gewichte an als das oben angegebene Minimalgewicht, so werden die Zeiten, die der Muskel braucht, um ein genügendes Stück — etwa einen halben Millimeter — zu sinken, zu gross, um eine gute Beobachtung zu gestatten, wenn das Sinken durch einen gleichmässigen Tetanus zu Stande kommen soll. Und zwar wachsen diese Zeiten in sehr schneller Progression, wenn man die Gewichte ganz allmählich verkleinert, so dass ich bei einem Gewicht von 0,10 mgr überhaupt kein Sinken mehr wahrnehmen konnte. Offenbar hat auf diese Verhältnisse die Consistenz der Flüssigkeit den grössten

Einfluss und um die Methode, den schwebenden Muskel zu beobachten, möglichst empfindlich zu machen, habe ich in einer neuen Anzahl von Versuchen den Muskel in Wassar schweben lassen.



Figur 2.

Ich schmolz eine Quantität Wachs mit gleichen Theilen Talg zusammen und verrührte in die Mischung eine geringe Menge Kienruss — die Schwarzfärbung hat den Zweck, die aufgelegten Gewichte leichter sichtbar zu machen. — Aus der erstarrten Masse formte ich einen birnenförmigen Körper, der an seinem dicken Ende schwach concav eingedrückt war, wie es die Figur 2 im Durchschnitt zeigt. Um die Achillessehne des Gastrocnemius legte ich eine Schlinge aus feinem Platindraht; sein eines Ende wurde kurz abgeschnitten, das andere versenkte ich in die Spitze des Wachskörpers. Auf diese Weise ist der letztere und der Muskel genügend fest miteinander verbunden und beide können zusammen in der Mitte des Wassers — wie immer mit einem Zusatz von 0,6% Kochsalz — zum Schweben gebracht werden. Dazu müsste der Wachskörper, dessen specifisches Gewicht etwas kleiner als das des Wassers ist, eine ganz bestimmte Grösse haben. Man erreicht aber das Schweben am leichtesten, indem man ihn etwas zu gross macht und ihn dann durch Auflegen kleiner Gewichte allmählich so lange beschwert, bis das System die gewünschte Stellung einnimmt. Die Gewichte bestehen in diesem Fall aus kleinen Stückchen eines sehr dünnen aber massiven Glasfadens. Der schwebende Muskel wird in gleicher Weise wie im vorigen Falle tetanisirt und gleichzeitig durch ein Fernrohr beobachtet. Beim Beginn und beim Aufhören der Contraction wurden wieder die schon oben beschriebenen Bewegungen beobachtet. Aber auch bei Anwendung dieser Methode habe ich nie ein Sinken während des Tetanus gesehen.

Empfindlichkeit der Methode.

Die Empfindlichkeit wurde in gleicher Weise wie bei Anwendung der Gummilösung bestimmt. Aus einer Glasröhre machte ich einen grösseren Glastropfen und bestimmte sein specifisches Gewicht. Aus derselben Glasröhre zog ich ferner einen massiven Glasfaden, von dem ich dann kleine Stücke mit einem Messer abdrückte, deren Dimensionen unter dem Mikroskop bestimmt wurden. Das kleinste Gewicht, welches ein genügend schnelles Sinken hervorbrachte, betrug 0,023 mgr. Das Wasser mit dem 0,6% Kochsalz hatte ein specifisches Gewicht von 1,004, aber dieser Unterschied von dem specifischen Gewicht des reinen Wassers ist so gering, dass er sich noch nicht auf die dritte Dezimalstelle geltend macht und die Gewichtsgrösse 0,023 drückt uns daher auch das Volumen aus, das der Muskel keinesfalls bei der Contraction verloren hat.

So ausgeführt wird also auch diese Methode recht empfindlich. Sie kann freilich in dieser Beziehung nicht mit dem Verfahren das Niveau in der Steigröhre zu beobachten wetteifern, sie wird aber immer den grossen Vorzug behalten, dass bei ihr nirgends Capillarkräfte auftreten wie bei allen übrigen bis jetzt bekannten Methoden und dass sie daher sicher, soweit ihre Empfindlichkeit reicht ganz fehlerfrei ist.

Wiederholung des Valentin'schen Versuchs.

Bringt man nach Valentin's Angabe den Muskel zur Contraction während er sich unter Flüssigkeit befindet und mit einem Coconfaden an dem einen Wagebalken aufgehängt ist, so bewegt sich, wenn die Wage nicht arretirt ist, das untere Ende des Muskels viel weiter nach oben als das obere Ende nach unten, weil das letztere durch die Befestigung an der Wage an seiner freien Bewegung gehindert ist. Das obere Ende des Muskels muss bei seiner Bewegung nach unten die ganze Masse des Wagebalkens, der Schaalen und überhaupt aller Theile, die an der Bewegung der Wage theilnehmen, zu gleicher Zeit mit sich fortbewegen. Trotzdem wird regelmässig bei Beginn des Tetanus die Wage vom Muskel etwas herabgezogen und natürlich desto stärker je schwerer der Muskel ist und je schneller und grösser die Verkürzung ausfällt. Ein müder Muskel bewirkt daher einen kleineren Ausschlag als ein frischer.

Um nun zu sehen, ob während des Tetanus das specifische Gewicht des Muskels verändert ist, muss man die Ruhelage der Wage bestimmen und zu dem Zweck mindestens 3 Umkehrungen der Zunge beobachten. Die langsamen Schwingungen einer empfindlichen Wage werden durch den in der Flüssigkeit mitschwingenden Muskel noch bedeutend verzögert. Der Muskel wirkt dämpfend, ohne jedoch die Bewegungen aperiodisch zu machen. Man braucht also zur Bestimmung der Ruhelage viel Zeit und hierin liegt eine grosse Schwierigkeit, weil der Tetanus des Muskels nicht so lange gleichmässig andauert. Man könnte versuchen die Zugwirkung des Muskels bei der Verkürzung zu vermeiden und könnte den Aufhängepunkt des Muskels in die neutrale Fläche verlegen. Hierdurch würde bei einem länglichen Muskel wie dem Gastrocnemius die Zugwirkung grösstentheils aufgehoben, ganz freilich erst dann, wenn der Aufhängepunkt zu gleicher Zeit der ruhende Punkt der neutralen Fläche wäre. In diesem Fall würde aber die Aufhängung complicirt und zeitraubend werden. Näher liegt daher die Idee die Zugwirkung dadurch zu umgehen, dass man die Wage zunächst arretirt und erst während der Dauer des Tetanus frei lässt. Damit aber nur dann Schwingungen der Wage auftreten, wenn sich wirklich das specifische Gewicht des Muskels geändert hat, müssen zugleich noch zwei Bedingungen erfüllt sein. Erstens muss die Ruhelage der Wage für den Fall, dass der ruhende Muskel an ihr hängt, genau übereinstimmen mit derjenigen Lage der Wage, in der sie von der Arretirung frei gelassen wird. Zweitens darf durch das Wegschaffen der Arretirung keine Schwingung verursacht werden. Die erste Bedingung ist durch Verschiebung des Reiters zu erreichen und wie man leicht einsieht ist dadurch dann auch das Haupterforderniss zur Erfüllung der zweiten Bedingung vorhanden. Man braucht dann nur genügend langsam und gleichmässig die Arretirung zu beseitigen, so werden keine Schwingungen der Wage dadurch entstehen.

Mit Hilfe dieser letztbeschriebenen Methode erreichte ich es, die Schwierigkeiten, die sich bei der Benutzung der hydrostatischen Wage darbieten, zu umgehen. Der Muskel wurde tetanisirt während die Wage arretirt war. Geich nach Beginn des Tetanus wurde sie vorsichtig frei gelassen und da ihre Ruhelage genau der Lage entsprach in der sie frei wurde, so konnte eine Schwingung der Wage überhaupt nur erfolgen, wenn das specifische Ge-

wicht sich durch den Tetanus geändert hatte. Aber weder beim Gastrocnemius des Frosches, noch bei dem des Meerschweinchens trat die geringste Bewegung der Zunge ein.

Empfindlichkeit der Methode.

Die Wage hatte bei der in Frage kommenden Belastung eine Empfindlichkeit von 1,63 Theilstrichen[1]). Da ich mit Sicherheit eine Bewegung der Zunge um ein Zehntel eines Theilstriches erkannt haben würde, so haben die Muskel sicher weniger als 0,06 cbmm beim Tetanus verloren. Dabei lasse ich allerdings die Wirkung des Capillardrucks ganz unberücksichtigt, aber es kommt mir in diesem Fall auch nicht auf eine ganz genaue Bestimmung an. Valentin, der übrigens die oben besprochenen Schwierigkeiten, die die Wage bei diesen Untersuchungen darbietet, nicht erwähnt, fand, dass der Muskel des winterschlafenden Murmelthiers um $^1/_{1870}$ seines Volumens während des Tetanus abnimmt. Nehme ich das Volumen der von mir verwandten Muskeln zu durchschnittlich 1 cbcm an, so hätten sie danach etwa 0,7 cbmm verlieren müssen und meine Wage würde nach Wegnahme der Arretirung einen Ausschlag von etwa 2 Theilstrichen gemacht haben. Die neue Ruhelage wäre 1,14 Theilstriche von der bisherigen entfernt gewesen.

Wiederholung der Versuche von Erman, Marchand und Ed. Weber.

Wodurch das positive Resultat bei Erman's Versuch und bei dessen Wiederholung durch Marchand und Ed. Weber zu Stande gekommen war, erschien völlig räthselhaft. Keine von den Fehlerquellen, an die man denken könnte — wie eine mangelhafte Dichtung des Verschlusses, die Capillarität in der Steigröhre, in dem Gefäss zurückgebliebene Luft oder Gasausscheidung an den Electroden — keine derselben kann ein so plötzliches Sinken des Niveaus in der Steigröhre erklären. Sie veranlassen vielmehr ein Steigen des Niveaus oder verringern eine vorhandene Niveaubewegung. Für Marchand's und Ed. Weber's Versuch ist auch die von Joh. Müller herangezogene Möglichkeit, dass sich Luft im Innern des Aalschwanzes befunden haben könnte, durch das Schlachten des Thieres unter Wasser völlig ausgeschlossen worden.

---

1) Vergl. Kohlrausch, Leitfaden der praktischen Physik, 1884, p. 28.

So blieb hier nur die Hoffnung, bei einer Wiederholung des Versuchs vielleicht eine Fehlerquelle zu entdecken, die durch einfache Ueberlegung bei der Beurtheilung des Versuchs nicht zu finden war.

Zuerst überzeugte ich mich davon, dass auch bei der Contraction eines Aalschwanzes nicht die geringste Volumenabnahme wahrzunehmen ist. Die Versuchsanordnung war dabei im Wesentlichen dieselbe wie die von Erman und seinen Nachfolgern. Das Glasgefäss bestand aus einem 35 cm hohen Cylinder, dessen Durchmesser 54 mm betrug. Den Stopfen hatte ich mir aus bestem Kork eigens dazu schneiden lassen. In der Mitte wurde er von der Steigröhre durchsetzt, die am Ende zu einer Capillare mit einem Lumen von 0,26 mm ausgezogen war. In diesem letzten Punkt bin ich von Erman abgewichen und zwar aus demselben Grunde, den ich schon oben für meine eigenen Versuche geltend gemacht habe. Erman zog den einen Leitungsdraht durch die Steigröhre und liess sich dadurch den Vortheil, den die Capillare darbietet, entgehen. Meine beiden Leitungsdrähte gingen dagegen an zwei einander gegenüber befindlichen Stellen durch den Kork. Da es schwer ist dieselben durch den 5 cm hohen Kork wasserdicht zu ziehen, so kittete ich sie in enge Glasröhren ein und steckte diese dann durch den Stopfen. Der eine Leitungsdraht war kurz und ragte nur wenig in den Cylinder hinein, der andere reichte dagegen bis auf den Boden. Vor dem Versuch wurde der Cylinder mit abgekochtem Wasser aufgefüllt und der Stopfen eine Zeit lang unter Wasser gelegt. Dabei wurde noch folgende Vorsichtsmaassregel angewandt. Ich entfernte mit einem Pinsel die kleinen Luftbläschen, die sonst leicht in den Poren und kleinen Vertiefungen des Korks sitzen bleiben und dadurch diese Stellen vor der Benetzung schützen. Sind aber einmal die Wände dieser Vertiefungen nass geworden, so kann man nachher den Pfropfen auf den ganz mit Flüssigkeit gefüllten Cylinder aufsetzen ohne dass von neuem an diesen Stellen Luftblasen zurückbleiben.

Ich verwandte zu dem Versuch zwei Aale, von denen der erste nur zur Vorbereitung des eigentlichen Versuchs diente. Das zweite Thier wurde unter abgekochtem Wasser geschlachtet und der hintere Körperabschnitt bis zum Beginn der Leibeshöhle durch einen einfachen Schnitt vom übrigen Körper getrennt. Nur der Schwanz wurde zum Versuch verwandt. Das freie Ende der Wirbelsäule befreite ich auf anderthalb Centimeter von der umgeben-

den Muskulatur, um den kürzeren der im Kork befindlichen Leitungsdrähte daran befestigen zu können. Er wurde eine Strecke weit ins Rückenmark hineingesteckt, um das frei präparirte Ende der Wirbelsäule herumgebogen und schliesslich in dieser Lage mit einer Flachzange fest angedrückt. Das Ende des längeren Leitungsdrahts zog ich durch ein Loch, das ich mit einem Pfriemen durch das äusserste Schwanzstück gebohrt hatte und drehte es dann zu einer Oese zusammen. Nun wurde der Aalschwanz in den Cylinder gebracht und dieser möglichst fest mit dem Pfropfen verschlossen. Doch war für die Befestigung des letzteren noch in besonderer Weise gesorgt. Es war ein starker Messingdraht oben um den Cylinder unmittelbar unter dem Rande herumgelegt und von diesem gingen zwei Drahtbügel aus, die sich rechtwinklig über dem Pfropfen kreuzten. Die Bügel bildeten an einer Stelle Oesen und durch weiteres Umdrehen derselben und dadurch bedingtes Aufwickeln des Drahtes um sich selbst wurden die Bügel gegen den Pfropfen und dieser in den Cylinder gepresst. Das verdrängte Wasser floss dabei aus der Steigröhre heraus.

War alles so weit vorbereitet, so musste nur noch das Niveau in der Steigröhre in einen mittleren Abschnitt der Capillare gebracht werden, was durch Einführen und Herausziehen eines dünnen Drahtes geschah. Man verdrängt auf diese Weise aus der Capillare soviel Wasser als nöthig ist. Dann wurde der Aalschwanz durch Inductionsströme (Schlitteninductorium mit 50—60 inducirten Strömen in 1 Sec.) gereizt. Er bewegt sich dabei mit grosser Heftigkeit, indem wellenförmige Bewegungen in der Richtung zum Schwanzende ablaufen. Das Niveau in der Steigröhre blieb aber dabei unverrückt stehen, auch als ich es durch ein Mikroskop beobachtete.

Wenn aber der Aalschwanz sein Volumen bei der Contraction nicht ändert, so bleibt nun zu erklären, wodurch in den Versuchen Ermans und seiner Nachfolger das Sinken des Niveaus in der Steigröhre veranlasst wurde. Der Grund dafür besteht in einer ungenügenden Befestigung des Pfropfens. Ich wandte, wie geschildert, zwei Drahtbügel an, um den Pfropfen in den Cylinder zu pressen, weil ich schon im Voraus wusste, dass die Befestigung des Pfropfens schwierig sein würde. Dies ist aber von meinen Vorgängern unterlassen worden und darauf ist offenbar die Verschiedenheit unserer Resultate zurückzuführen. Als ich nach An-

stellung des obigen Versuchs die Drahtbügel wieder entfernte und nun von Neuem reizte, da bekam auch ich ein starkes Sinken des Niveaus, welches sogar mehrmals über 10 mm betrug. Es erklärt sich das nun folgendermaassen.

Ein Pfropfen mit einem so grossen Durchmesser (5,5 cm) ist schon allein wegen seiner Grösse sehr schwer fest in das Gefäss einzudrücken. Es kommen aber noch zwei Umstände hinzu, die seine Befestigung erschweren. Erstens schneidet man so grosse Pfropfen konisch zu, wodurch die fest an das Glas angreifende Zone verhältnissmässig klein wird und sich seine Neigung zurückzugleiten vermehrt. Zweitens ist das Eindrücken des Pfropfens in diesem Fall sehr erschwert, weil die Steigröhre verhindert die Hand über ihn zu legen und ihn in der bekannten Weise unter Druck einzudrehen während man ihn zwischen Fingerspitzen und Daumenballen einklemmt. Wenn aber der Pfropfen nicht genügend in den Cylinder gepresst wird, so bedarf es nur einer kleinen Erschütterung, um die Reibung zu überwinden, die ihn am Zurückgleiten hindert. Reizt man unter solchen Umständen den Aalschwanz, so genügt die Erschütterung, die er bei seiner Contraction dem Pfropfen ertheilt, um denselben etwas zu lockern und die Folge davon ist natürlich, dass das Niveau in der Steigröhre sinkt. Ich konnte dasselbe beobachten, wenn ich den Pfropfen durch Aufschlagen mit einem ganz kleinen Hammer oder einem Finger erschütterte.

Der Stoss den der Aalschwanz auf den Pfropfen ausübt, hat übrigens eine besonders grosse Wirkung, weil das Aalstück — das Kopfende oben vorausgesetzt — in derselben Richtung gegen den Stopfen stösst, in der dieser aus dem Gefäss zu gleiten strebt. Beim Aufschlagen mit dem Hammer kommt dagegen diese Bewegung direct nicht zur Wirkung, sondern nur die entgegengesetzte, die durch die Elasticität des Korks hervorgebracht wird.

Wenn nun diese Erklärung für das Sinken des Niveaus bei der Contraction des Schwanzes die richtige war, so musste man auch ein Steigen des Niveaus in analoger Weise hervorbringen können. Dazu musste dann eigentlich der Pfropfen von innen her gegen die Oeffnung des Gefässes gepresst werden und man hätte dazu ein besonders gestaltetes Gefäss verwenden müssen.

Ich erreichte jedoch dasselbe in einfacherer Weise. Die Drahtbügel wurden wieder über den Pfropfen gelegt und nachdem

ich sie ziemlich fest angezogen hatte, versuchte ich den Pfropfen mit aller Gewalt aus dem Cylinder herauszudrücken. Das ist dann nur soweit möglich, als sich der Pfropfen zwischen Bügel und drückendem Finger einzwängen lässt. Bei dieser Procedur sinkt natürlich das Niveau in der Steigröhre. Lässt man nun aber mit Drücken ganz allmählich nach, so steigt nun das Niveau, denn der Pfropfen schiebt sich vermöge seiner Elasticität wieder tiefer in das Gefäss hinein, bis ihn die Reibung am weiteren Eindringen hindert. In diesem Zustand des Stopfens kann man in genau derselben Weise wie in der oben angegebenen, also auch durch Reizung des Aalschwanzes, das Niveau zum Steigen bringen. Der Pfropfen hat jetzt die Tendenz tiefer in das Gefäss zu gleiten und jede Erschütterung von einiger Stärke ermöglicht diese Bewegung.

In diesem eigenthümlichen Verhalten des Pfropfens glaube ich also eine Erklärung für die abweichenden Resultate von Erman, Marchand und Ed. Weber gefunden zu haben und jeder, der den Versuch wiederholt, wird sich leicht davon überzeugen, wie schwer es ist ohne Bügel diese Fehlerquelle zu vermeiden. Das Steigen des Niveaus, das Ed. Weber in den Pausen zwischen der Reizung sah, kann leicht auf allmähliche Erwärmung der Flüssigkeit bezogen werden, und wenn die Abfälle des Niveaus bei jeder folgenden Reizung kleiner wurden, so hatte das offenbar darin seinen Grund, dass der Pfropfen durch jede Erschütterung seiner Gleichgewichtslage näher kommt.

Die von Harless angewandten Methoden.

Das Interesse, welches sich an die Versuche von Harless knüpft, bezieht sich nur auf die dabei benutzten Methoden, nicht auf die Resultate selbst. Die Fehlerquellen waren offenbar sehr gross, es dürfte aber unmöglich sein ihre Grösse auch nur ungefähr in Zahlen anzugeben. Ich habe deshalb die Versuche weder wiederholt, noch sie in der unten angefügten Zusammenstellung der Methoden und ihrer Fehlerquellen mit aufgeführt. Nur den einen gleich zu besprechenden Versuch habe ich in ähnlicher Weise wie Harless angestellt, um über seine Brauchbarkeit ein sicheres Urtheil zu gewinnen. Es ist dies der Versuch, bei dem zwei communicirende Röhren zur Verwendung kommen; in der einen befindet sich Wasser, in der andern Steinöl. Die beiden Flüssigkeiten stossen in dem engen Verbindungsstück der Röhren

zusammen und aus der Verschiebung dieser Grenze wird auf eine Niveauveränderung in den Röhren geschlossen. In dem Wasser der einen Röhre kann der zu untersuchende Muskel zur Contraction gebracht werden; seine Volumenschwankungen bewirken ein Steigen oder Sinken des Niveaus in derselben Röhre und dadurch auch eine Verschiebung der Grenze zwischen dem Wasser und dem Steinöl in der Communicationsröhre. Hermann[1]) sagt von dieser Methode, sie scheine „weniger exact als die Erman-Weber'sche; die Volumänderung wirkt nicht einmal in voller Grösse verschiebend." Dieser letztgenannte Umstand ist freilich nicht günstig für die Empfindlichkeit der Methode, aber die eigentliche Fehlerquelle liegt in der ungleichen Benetzung der Glaswand durch das Wasser. Man kann sich davon in folgender Weise sehr leicht überzeugen. Man bringe in das Wasser eine feine Capillare, die durch einen Gummischlauch mit einem kleinen Druckgefäss in Verbindung steht. Richtet man es nun so ein, dass durch die Capillare nur ganz langsam aber völlig continuirlich Wasser aus dem Druckgefäss in die communicirende Röhre fliesst, so sollte sich, wenn die Methode brauchbar wäre, die Grenze zwischen Wasser und Steinöl langsam aber ebenfalls continuirlich verschieben. Dies ist aber keineswegs der Fall. Ebenso ruckweise wie das Niveau an der Glaswand in Folge der wechselnden besseren oder schlechteren Benetzung steigt, verschiebt sich auch die betreffende Grenze.

Bei der zweiten von Harless angewandten Methode soll der Muskel von einer starren Masse überall umgeben werden, die verhindert, dass sich irgend ein Querschnitt des Muskels bei der Contraction vergrössern kann. Es ist klar, dass unter solchen Umständen eine noch zu Stande kommende Verkürzung eine Volumabnahme des Muskels beweisen würde. Hermann[2]) bezeichnet diese Methode sehr richtig als ebenso umständlich wie wenig beweisend und E. du Bois-Reymond[3]) hat auf die Fehlerquelle aufmerksam gemacht, die das Bestreichen des Muskels mit dem Oel behufs besseren Anschmiegens der Form mit sich bringt.

---

1) a. a. O.

2) a. a. O.

3) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873, p. 605 od. Ges. Abh. II, p. 472.

Ich will einige von den Bedingungen aufzählen, von deren Erfüllung die Brauchbarkeit dieser Methode abhängt, die aber von Harless nicht beachtet worden sind. Man wird jedoch nicht daran denken dürfen danach die Methode verbessern zu wollen. Denn wahrscheinlich lassen sich diese nöthigen Bedingungen überhaupt nicht genügend erfüllen und selbst wenn dies möglich wäre, so würde die Methode wegen ihrer grossen Umständlichkeit und dabei sehr geringen Empfindlichkeit ganz zu verwerfen sein. Zu den Bedingungen gehören: Die den Muskel umgebende Masse muss seinen Kräften gegenüber vollständig starr und unnachgiebig werden. Sie muss flüssig die Temperatur des Muskels haben und auch nach dem Erstarren immer behalten. Beim Erstarren selbst darf sich ihr Volumen weder vergrössern noch verkleinern. Auch ist darauf zu achten, dass dem Muskel kein Wasser durch die Masse entzogen werde. Die von Harless angewandte Cacaobutter scheint nur der letzten von den angeführten Forderungen entsprochen zu haben.

Zusammenstellung der Fehlerquellen und der Empfindlichkeit der verschiedenen Methoden.

Als Empfindlichkeit der Methoden werde ich in nachfolgender Zusammenstellung dasjenige Volumen (in abgerundeter Zahl) angeben, das als Zuwachs oder Abnahme des Muskelvolumens einen genügenden Ausschlag gibt. Wo diesbezügliche Angaben der Autoren fehlen, habe ich die Empfindlichkeit zu schätzen versucht, wobei ich möglichst zu Gunsten der früheren Methoden gerechnet habe. Ich stelle die Zahlen zusammen, weil der Vergleich der Empfindlichkeiten interessant ist, wenn auch ein Theil der Zahlen nur auf Schätzung beruht.

1. Die Erman-Marchand-Weber'sche Methode. Eine Fehlerquelle ist sehr leicht durch das Gleiten des Pfropfens gegeben, sie wird vermieden indem man über den Pfropfen Bügel legt oder eingeriebene Glasstöpsel verwendet. Die Empfindlichkeit dürfte 0,5 cbmm nicht überstiegen haben.

2. Kühne's Aräometer-Methode. Die Fehlerquelle besteht in dem Capillardruck und in Unregelmässigkeit bei der Benetzung an der Stelle, wo der Aräometerhals durch das Flüssigkeitsniveau geht. Die Empfindlichkeit des benutzten Aräometers ist vom Autor nicht angegeben worden. Nehme ich aber an, dass ein Ein-

sinken des Aräometers um 0,5 mm schon zuverlässig auf eine Aenderung des Muskelvolumens schliessen liess und veranschlage ich den Durchmesser der Aräometerkugel auf 5 cm, so würde sich eine Empfindlichkeit von 0,3 cbmm ergeben.

3. Valentin's Verwendung der Wage. Die Fehlerquelle liegt in der Uebertragung der Muskelbewegungen auf die Wage; wie sie zu vermeiden ist wurde oben ausführlich besprochen. Die Empfindlichkeit betrug etwa 0,1 cbmm.

4. Meine Methoden: a) die verbesserte Erman'sche Methode. Die Fehlerquelle, die in dem Capillardruck zu suchen wäre, ist verschwindend klein, falls die Capillare sorgfältig ausgezogen ist. Die Empfindlichkeit betrug 0,0001 cbmm.

b) Der in Gummilösung schwebende Muskel. Keine Fehlerquelle, dabei eine Empfindlichkeit von 0,2 cbmm.

c) Der in Wasser schwebende Muskel. Keine Fehlerquelle und eine Empfindlichkeit von 0,03 cbmm.

Anhang.

Die Fehlerquelle der eingedrungenen Luft.

Johannes Müller hat bekanntlich darauf aufmerksam gemacht, dass durch Eindringen von Luft in die Blutgefässe des Muskels eine Volumenabnahme bei der Contraction vorgetäuscht werden könnte. Er stellte sich dabei offenbar vor, dass die eventuell eingetretene Luft bei der Contraction des Muskels comprimirt würde. Ich habe auf diese Fehlerquelle mein besonderes Augenmerk gerichtet.

Damit es zu einer Compression von Luft kommen kann, müssen nothwendiger Weise zwei Bedingungen erfüllt sein. Erstens muss natürlich Luft in die Gefässe eingedrungen sein, zweitens darf aber auch die Luft bei der Contraction des Muskels nicht wieder heraus können. Was die erste Bedingung betrifft, so ist ein solches Eindringen von Luft in die Arterien grösserer Thiere, bei denen sie eine gewisse Wandstarre haben, gewiss leicht mög-

lich. Dagegen wird die Luft schon schwer in die Venen auch grösserer Thiere dringen, falls man das Präparat nicht unter besonders ungünstige Bedingungen bringt. Bei kleineren Thieren wie z. B. bei Meerschweinchen, Aalen und Fröschen collabiren aber Arterien und Venen derart, dass es ganz besondere Schwierigkeiten macht kleine Luftmengen in die Gefässe einzuführen. Man muss dann schon eine Spritze, eine Pipette oder dergleichen anwenden. Gesetzt aber auch, es sei eine Quantität Luft in irgend eine Arterie gedrungen, so wird dieselbe doch immer bei der Contraction des Muskels denselben Weg rückwärts aus der Arterie wieder herauswandern können, den sie vorwärts hineingekommen ist. Dass der Muskel bei seiner Contraction eher die Arterienstämme verschliessen sollte als die Verästelungen, ist wohl gar nicht denkbar. Ich habe diese Verhältnisse auch experimentell geprüft. Mit Hülfe einer feinen Pipette brachte ich 1—2 cbmm Luft in die Arterie des Gastrocnemius vom Frosch und vom Meerschweinchen. Die Luft blieb grösstentheils in der Arterie, als ich den Muskel tetanisirte und meist wurde nur ein ganz kleines Bläschen ausgetrieben[1]). Das Volumen des Muskels änderte sich aber auch unter diesen Umständen nicht im Geringsten.

So bliebe also für eine mögliche Compression nur noch Luft übrig, die in Venen eingedrungen ist und durch die Venenklappen verhindert wird, nach Aussen zu entweichen. In diese dünnwandigen Gebilde kleiner Thiere dringt aber unter gewöhnlichen Verhältnissen keine Luft oder doch nur so wenig, dass es mir nicht möglich erscheint, die angebliche Volumenverminderung des Muskels bei der Contraction durch Compression von eingedrungener Luft zu erklären.

---

1) Die Frage, ob der Hohlraum der Arterien bei der Contraction des Muskels verkleinert wird oder nicht, hängt mit der Frage, ob die Muskelsubstanz ihr Volumen dabei ändert, gar nicht direct zusammen. Nach der obigen Erfahrung scheint sich der Hohlraum der Arterien etwas zu verkleinern.

Thermische Experimente an der Küchenschabe (Periplaneta orientalis).

Von

Prof. **Veit Graber** in Czernowitz.

(Mit 2 Holzschnitten.)

Ziel der Untersuchung.

Vorliegende Experimente bilden ein weiteres Glied in der langen Kette meiner Untersuchungen über das Verhalten der Thiere gegen verschiedene Sinnesreize. Früher erforschte ich die in Richtungs- (Flucht- und Attractions-) Bewegungen sich äussernde Wirkung von Schallreizen, von Lichtreizen und von chemischen Reizen; nunmehr soll, in dem Umfange, als es die Umstände erlauben, das Verhalten der Thiere gegen thermische Reize studirt werden.

Während man sich bisher fast einzig und allein nur mit der Bestimmung des vitalen Temperatur-Minimums, d. i. der niedersten Temperatur, welche Thiere eine gewisse Zeit zu ertragen vermögen, befasste — weitaus die genauesten Untersuchungen dieser Art sind jene von Rödel[1]) — soll nun zunächst auch das vitale Temperatur-Maximum beziehungsweise die Differenz zwischen Minimum und Maximum oder, wie ich diese nennen will, die vitale thermische Breite ermittelt werden.

Das Hauptziel liegt indess ganz abseits von den bisherigen Bestrebungen. Es handelt sich nämlich, analog wie bei den meisten meiner früheren sinnesphysiologischen Untersuchungen, um die Ermittlung der Empfindlichkeit gegen verschieden grosse thermische Differenzen oder mit anderen Worten um die Frage, inwieweit verschiedene Thiere gegenüber zwei ungleich hohen Temperaturen, durch Ausführung von Richtungsbewegungen reagiren.

1) Ueber die untere Temperaturgrenze, bei welcher niedere Thiere noch existiren können (in der Sammlung naturwissenschaftlicher Vorträge, herausgegeben von Dr. E. Huth, Berlin, Friedländer, 1886.)

In dieser Schrift findet man auch eine Zusammenstellung der einschlägigen Literatur.

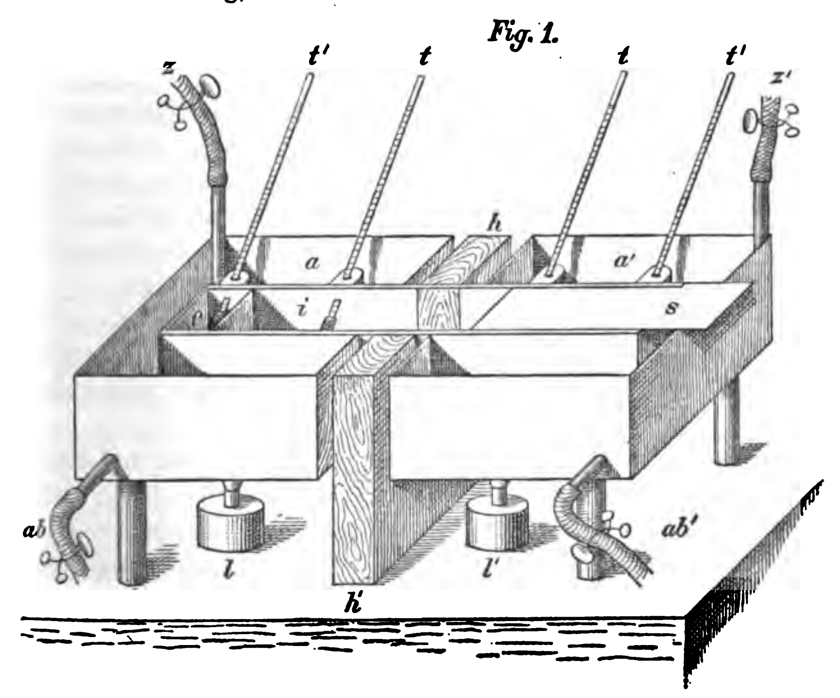
Das planmässige Studium des reactiven Verhaltens gegen Temperaturunterschiede führt dann auch zur Bestimmung des bisher noch bei keinem Thier einigermaassen exact festgestellten vitalen Temperatur-Optimums.

Methode der Untersuchung.

Das Princip zur Untersuchung der Hauptfrage, d. i. der Empfindlichkeit für Temperatur-Unterschiede bestand, analog wie bei meinen Licht- und Riechversuchen, darin, dass möglichst viele Individuen der zu prüfenden Thierart zwischen zwei ungleich temperirten aber sonst gleichen Aufenthaltsräumen zu wählen haben. Die Zahl der Besucher der einzelnen Wahl-Räume gibt dann ein ungefähres Maass der anziehenden oder abstossenden Wirkung, welche die beiden Wahl- oder Contrast-Temperaturen auf das Thier ausüben.

Diesem Princip entsprechend liess ich mir den in Fig. 1 verkleinert dargestellten Apparat herstellen. Derselbe besteht zunächst aus dem zur Aufnahme der Versuchsthiere bestimmten Blechtrog i, der oben durch zwei (je nach Bedarf durchsichtige oder undurchsichtige) Schieber s geschlossen resp. (von beiden Seiten her) geöffnet werden kann. Dies Aufnahmegefäss ist im Lichten 65 cm lang, 7 cm breit und ebenso tief.

Fig. 1.



Die beiden Hälften dieses Troges sind die oben erwähnten zwei Wahlräume. Um letztere nun in möglichst bequemer Weise auf eine bestimmte Temperatur bringen zu können, sind dieselben je von einer Blechwanne a, a' umgeben, deren Wand überall ca. 7 cm von der des innern Gefässes absteht. In diese äusseren Gefässe kommt nun, entweder direct oder durch die Zuflussröhren z, z', Wasser, das durch die Lampen l, l' beliebig erwärmt werden kann, bezw. eine Kältemischung. ab, ab' sind Abflussröhren. Da es mitunter wünschenswerth ist, dass die Wand- oder Bodentemperaturen der beiden Wahlräume von einander beträchtlich abweichen, durch das gut leitende Blech aber rasch eine Ausgleichung stattfindet, so wurde das innere Gefäss nicht ganz aus dem erwähnten Metall hergestellt, sondern, wie dies der Längsschnitt in

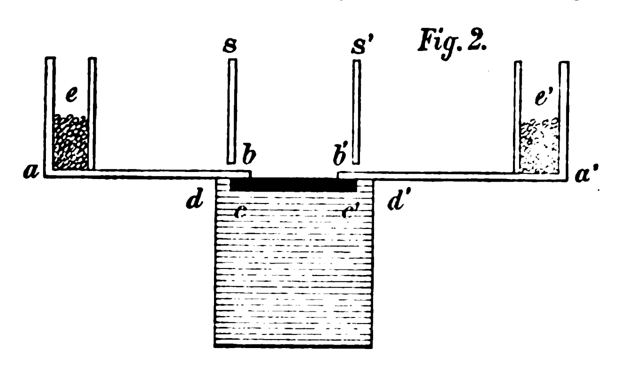


Fig. 2 veranschaulicht, aus zwei separaten Blechgefässen ab und a'b', die durch ein relativ schlecht leitendes oder isolirendes Mittelstück aus Holz dd' verbunden sind. Der betreffende Holztrog, dem inwendig Glasscheibchen cc' angekittet sind, bildet zugleich, wie Fig. 1 hh' zeigt, das mittlere Postament des ganzen Apparates und verhindert, dass, wenn rechts oder links von ihm eine Lampe brennt, die erwärmte Luft unmittelbar auf die andere (kühl zu haltende) Seite gelangt. s, s' in Fig. 2 sind vertikale Schieber zum Absperren des Mittelraumes resp. der beiden Kammern.

Die Bestimmung der Temperatur des rechts- und linkseitigen Wahlraumes geschieht durch je zwei Thermometer t, t', welche, um die Bewegung der Schieber zu ermöglichen, in der aus Fig. 1 ersichtlichen Weise, d. i. in schiefer Stellung, mittelst eines Korkes in einer der zwei Längs-Seitenwände eingesetzt sind. Von diesen

zwei Thermometern dient das in der Mitte einer jeden Abtheilung befindliche (t) zur Bestimmung der Lufttemperatur, während das andere (t'), dessen Quecksilberkugel in ein separates mit feinem Schrott gefülltes Seitengefäss e (Fig. 2 ee') eingesenkt ist, die Wand- oder Bodentemperatur angiebt.

Was die Anordnung bei den Versuchen betrifft, so ist zu bemerken, dass alle Thiere vor dem jedesmaligen Beginn des Experimentes bezw. vor dem Stattfinden ihrer Wahl in den (durch zwei vertikale Schieber abschliessbaren) Mittelraum zwischen beiden Abtheilungen gebracht wurden.

Ergebnisse der Untersuchung.

Bestimmung des vitalen thermischen Minimums. Die Versuchsthiere befanden sich in einer durch den vertikalen Schieber abgeschlossenen Seitenabtheilung des inneren Blechgefässes.

Lässt man die Temperatur des Wohnraumes bezw. des gutleitenden Bodens, auf dem sich die Thiere bewegen, bis auf 5° C. sinken, so verlieren einzelne Individuen binnen kurzer Zeit die Fähigkeit der Locomotion, und wenn diese niedere Temperatur länger (ein paar Stunden) anhält, so hört bei einzelnen auch die Bewegung der Gliedmassen auf.

Manche Thiere verlieren hierbei auch das Gleichgewicht und bleiben dann auf dem Rücken liegen. Gleichwohl sind die Thiere nicht todt, sondern befinden sich nur in einem schlafähnlichen Zustand, denn, wenn sie z. B. durch Berührung, durch einen stärkeren Schall oder durch scharfe Riechmittel gereizt werden, fangen sie (und mitunter auch spontan) sich zu regen an und laufen, bei entsprechender Erhöhung der Temperatur, wieder umher.

Derselbe schlaftrunkene Zustand stellt sich ohne Ausnahme binnen 2—3 Stunden bei allen Individuen ein, wenn man die Temperatur bis auf 2° über Null sinken lässt.

Mit Rücksicht darauf, dass Thiere in diesem Zustand der Erstarrung, in welchem sie nicht bloss der Fähigkeit der Ortsbewegung, sondern auch der des Gebrauches der Mundtheile beraubt sind, mit der Zeit an Nahrungsmangel zu Grunde gehen müssen, scheint es mir passend zu sein *ausser dem eigentlichen das Leben direct vernichtenden vitalen Minimum noch ein zweites (oberes) Minimum* zu unterscheiden, das ich *das locomotorische* nennen will.

Bei der Küchenschabe dürfte dasselbe im Durchschnitt bei + 4 ° C., vielleicht noch höher liegen.

Um dem eigentlichen Minimum näher zu kommen, liess ich dann die Temperatur auf $\frac{0}{-2}$ d. i. 0° Luft- und —2° Bodenwärme sinken. Alle 3 derselben exponirten Individuen waren schon nach 10 Minuten völlig regungslos. Gleichwohl bewegten dieselben nach einer Einwirkungsdauer von 5 Stunden sehr bald wieder ihre Glieder.

Völlig todt erschienen dagegen Thiere, die bloss 10 Minuten einer Temperatur von $\frac{-3}{-4}$ ausgesetzt waren. Sie gaben selbst nach einer Stunde noch kein Lebenszeichen. Der Umstand aber, dass sie nach Verlauf von weiteren 30 Minuten bei Berührung sich zu regen begannen und nach Verlauf dreier Tage wieder munter herumliefen, lehrt, dass bei der Bestimmung der Erfriertemperatur die allergrösste Vorsicht geboten ist.

Ich liess nun die Temperatur auf $\frac{-4}{-5}$ (d. i. —4° Luft- und —5° Bodenwärme)[1] sinken. Die Thiere wurden nach wenigen Minuten starr und regungslos, kamen aber (selbst nach einer Einwirkungsdauer von 2 Stunden) wieder zu sich —; diesmal allerdings erst nach Verlauf einer Stunde, wobei noch zu bemerken, dass sie die Fähigkeit der freiwilligen Ortsbewegung für immer verloren hatten.

Entschieden tödtlich ist dagegen eine Kälte von $\frac{-6^0}{-7^0}$ u. z. schon binnen 10—20 Minuten, wobei die Thiere noch keineswegs durchgefroren sind.

Das eigentliche vitale Minimum (für eine Stunde Expositionsdauer) liegt somit zwischen —5 und —6° und sonach tiefer als es Rödel für mehrere andere Insecten (Lema, Poederus, Bombyx, Culex und Musca) feststellte.

Der Abstand zwischen dem oberen (locomotorischen) und dem unteren (vitalen) Minimum, den ich die letale Breite nennen will, beträgt ca. 11 bis 12° C.

---

1) Die Temperatur der gutleitenden Gefässwand weicht in der Regel etwas von jener der Luft ab.

Bestimmung des vitalen Maximums. Der Einfluss einer relativ hohen Temperatur hat auf die Küchenschabe gerade die entgegengesetzte Wirkung wie die Kälte. Während nämlich letztere die Locomotion aufhebt, tritt mit zunehmender Wärme eine stetige Beschleunigung derselben ein, die dann allerdings bald. z. Th. gewiss auch in Folge der Ueberreizung des Organismus, den Tod herbeiführt.

Von 10 Thieren, die ich einer Temperatur von $\frac{37^0}{39^0}$ aussetzte, lagen 2 schon nach 10 Minuten und 4 nach 20 Minuten auf dem Rücken und machten krampfartige Zuckungen mit den Beinen. Dieselben ertrugen aber diese Temperatur schadlos über eine Stunde. Tödtlich ist dagegen (bei der gleichen Einwirkungsdauer) eine Temperatur von $\frac{41^0}{42^0}$, die sonach (für die genannte Zeit) das vitale Maximum darstellt. Auf ganz kurze Zeit (5 Minuten bis 60 Secunden) ertragen die Küchenschaben dagegen Temperaturen bis zu 60°.

Bemerkt sei noch, dass der Wärme-Todt nicht merklich später eintritt, wenn der Einfluss des gutleitenden Bodens durch Einschaltung eines schlechtleitenden Mediums, z, B. eines Streifens Pappe, eliminirt wird.

Der Abstand zwischen dem unteren Minimum (— 6°) und dem (einstündigen) Maximum (+42°) — die thermische Breite — beträgt somit für die Küchenschabe ca. 48° C.

Die Temperaturskala dagegen, innerhalb welcher die Küchenschaben für die Dauer locomotionsfähig sind — die locomotorische Breite — ist im Vergleich zu vielen anderen Thieren ziemlich klein, da sie bloss von ca. 5° bis ca. 35° reicht, also kaum über 30° sich erstreckt.

Empfindlichkeit für Temperaturunterschiede. a) Verhalten an der oberen Grenze. In der Folge bezeichnen die klein gedruckten Zahlen die Temperatur, wobei wieder die über dem Bruchstrich stehende Zahl die Luft- und die unter demselben befindliche die Bodentemperatur angibt. Die fettgedruckten Ziffern hingegen bezeichnen die Zahl der Besucher in einer Abtheilung. Dabei entsprechen die links stehenden Zahlen (Temperatur und Frequenzzahl) der linken Wahlabtheilung und die rechts stehenden der rechten Abtheilung. Eine in der Mitte stehende

Frequenzzahl bedeutet aber, dass sich eine Anzahl Thiere in jenem Mittel- oder Zwischenraume befand, dessen Boden bekanntlich aus einem schlechtleitenden Material (Holz, Glas) besteht. Mit Rücksicht auf die Lichtscheu unserer Thiere wurde der Versuchstrog durch Blechschieber verdunkelt.

Der erste Versuch (an der oberen Grenze) geschah mit 30 Thieren und ergab folgendes:

$$1)\ \frac{37^0}{38^0} \qquad 30 \qquad \frac{38^0}{40^0}$$

d. h. bei einer Temperatur, die rechts und links nahe dem Maximum lag, mieden alle Thiere die beiden gegenüberstehenden mit Blechboden versehenen Wahlräume und sammelten sich im Mittelraum. Ein ähnliches Resultat hatten auch die folgenden Experimente 2) und 3), während in 4) und 5) ausser dem Mittelraum auch die rechte Abtheilung besucht war:

$$2)\ \frac{38^0}{40^0}\ 0 \qquad 30 \qquad 0\ \frac{38^0}{40^0}$$

$$3)\ \frac{39^0}{40^0}\ 0 \qquad 30 \qquad 0\ \frac{37^0}{40^0}$$

$$4)\ \frac{39^0}{41^0}\ 0 \qquad 15 \qquad 15\ \frac{37^0}{40^0}$$

$$5)\ \text{„}\ 0 \qquad 22 \qquad 8\ \text{„}$$

Der überwiegende Besuch des Mittelraumes erklärt sich, wie später noch besonders nachgewiesen werden wird, damit, dass den Thieren die hohe Temperatur des gutleitenden (rasch viel Wärme zuführenden) Bodens der beiden Seitenräume überaus unangenehm ist, während ihnen der Boden des Mittelraumes (mit nahezu gleicher Lufttemperatur) besser behagt.

Das Ergebniss in 4) und 5), wo die um 2° resp. um 1° niedriger (als die linke) temperirte rechte Abtheilung eine namhafte Besuchsziffer aufweist, lehrt, dass hier schon ganz geringe Temperatur-Differenzen sehr grosse Gefühlsunterschiede erzeugen. Fragt man aber, wie es kommt, dass nicht alle Tiere wie in 1), 2) und 3) im Mittelraum bleiben, dessen Bodentemperatur ja viel geringer resp. angenehmer ist, wie jene der rechten Kammer, so erklärt sich dies — und das Gleiche gilt für viele spätere Ergebnisse — daraus, dass unsere Thiere (und namentlich bei hoher Temperatur!) ein grosses Bewegungsbedürfniss haben. Sich in einem beschränkten Raum

lange ruhig verhalten, widerstrebt ihrer Natur mehr als der Einfluss einer ihnen an und für sich unangenehmen hohen Bodenwärme.

Analog sind auch die folgenden Ergebnisse:

6)	$\frac{38^0}{39^0}$ 1	25	4 $\frac{36^0}{37^0}$
7)	„ 2	22	6 „
8)	„ 8	0	22 „
9)	„ 9	0	21 „
	21		53

Hier wurde auch die wärmere linke Kammer besucht, jedoch im Ganzen viel weniger (21) als die rechte (53).

Bei den folgenden Versuchen liess ich beide Vergleichstemperaturen um einige Grade sinken — dem Optimum sich nähern.

10)	$\frac{34^0}{33^0}$ 22	8 $\frac{33^0}{32^0}$
11)	„ 8	22 „
12)	„ 15	15 „
13)	„ 6	24 „
14)	„ 20	10 „
	71	79

Die nahezu gleichen Frequenzsummen beweisen, dass bei der Annäherung an das Optimum ein kleines Plus oder Minus keinen merklichen d. i. zu Richtungsbewegungen führenden Gefühlsausschlag gibt; die Empfindlichkeit scheint also abzunehmen.

Bei den folgenden Experimenten wird der Einfluss eines gut oder schlecht leitenden relativ warmen Bodens untersucht.

15)	$\frac{35^0}{\underline{37^0}}$ 28	2 $\frac{34^0}{36^0}$

Der Horizontalstreich unter den links stehenden Zahlen soll andeuten, dass der gutleitende und relativ sehr warme Blechboden der betreffenden Abtheilung mit schlechtleitender und relativ kalter Pappe belegt wurde. Das Ergebniss dieser Anordnung war aber folgendes. Obwohl die Lufttemperatur links (35^0) höher resp. den Thieren an und für sich unangenehmer als jene rechts (34^0) war, zogen sich die meisten Thiere (28) doch nicht nach rechts sondern nach links und zwar offenbar deshalb, weil ihnen hier der relativ

kühle Boden aus Pappe angenehmer ist als die wärmere Blechunterlage. Aehnlich ist es im Folgenden:

16)	$\frac{39^0}{40^0}$	20	10	0	$\frac{38^0}{40^0}$
17)	„	10	20	0	„
18)	„	15	15	0	„.

Auch hier war nämlich die Lufttemperatur rechts etwas niedriger als links und doch blieben die Thiere (wegen des kühleren Bodens) auf der letzteren Seite bezw. im *Mittelraum*, wo zugleich die von den Seitenwänden ausgehende *Wärmestrahlung am geringsten* ist.

Dass unseren Thieren eine relativ hohe Boden- oder Contacttemperatur ausserordentlich unangenehm ist, lässt sich noch einfacher auf die Weise demonstriren, dass man auf dem Boden einer abgesperrten Abtheilung in der überall nahezu die gleiche Temperatur herrscht, eine kleine Platte aus Pappe oder eventuell aus Glas [1]) bringt. Obwohl nämlich unsere Thiere unter gewöhnlichen Verhältnissen am äussersten Ende, bezw. an den Ecken des Gefässes sich aufhalten, geben sie nun stets der Platte, mag diese was immer für eine Lage haben, den Vorzug und lagern sich, wenn diese sehr klein ist, in einem Klumpen übereinander.

Trotz der grossen Empfindlichkeit unserer Thiere gegen hohe Temperaturen eines gutleitenden Bodens darf man aber nicht glauben, dass bei den früheren Wahlergebnissen 6) bis 9) die Lufttemperatur nur eine untergeordnete Rolle spiele. Die folgenden Versuche lehren nämlich, dass die Küchenschabe in der That

---

1) Die Thiere könnten ja möglicherweise lieber auf der Pappe als auf dem Blech sich aufhalten, weil erstere eine *rauhere Oberfläche* hat. Daher der Controlversuch mit einer glatten Glasfläche.

Dass unsere Thiere aber in der That in ihrer Bewegung durch die Oberflächenbeschaffenheit des Bodens beeinflusst werden, zeigt folgender Versuch, bei dem der Boden der rechten Abtheilung eines trogartigen verdunkelten Gefässes mit Carton, jener der linken mit Glaspapier belegt war. Die Ziffern geben die Zahl der Besucher.

Rechts. Carton: 17, 10, 7, 16, 19, 19, 12, 13, 20, 14, 14. 17, **178.**

Links. Glaspapier: 3, 10, 13, 4, 1, 1, 8, 7, 0, 5, 5, 2, **59.**

Eine *sehr rauhe Fläche* ist ihnen ganz *entschieden unangenehmer* als eine mässig glatte.

auch gegen kleine Differenzen der Lufttemperatur sehr empfindlich ist. Bei diesen Experimenten wurde, um den Einfluss der Bodentemperatur zu climiniren, der Boden beider Abtheilungen mit dickem Carton belegt, der, um keine merklichen Temperaturdifferenzen auftreten zu lassen, alle 10 Minuten (d. i. nach jeder Beobachtung) erneuert wurde.

Die ganze Versuchsserie stellt sich folgendermassen:

19)	40°	9	11	40°
20)	39	15	5	40
21)	38	20	0	40
22)	38	18	2	40
23)	37	15	5	40
24)	37	19	1	40
25)	38	19	1	41
26)	37	20	0	38
27)	35	20	0	37
28)	34	20	0	35
29)	33	20	0	34
30)	32	17	3	34
31)	32	15	5	33
32)	31	13	7	32
33)	30	8	12	32
34)	30	11	9	32
35)	30	12	8	32
36)	30	8	12	32

Der Ueberblick ist sehr lehrreich. Beim Versuch 19), wo die Lufttemperatur beiderseits gleich war, zeigt sich auch in der Besucherzahl kein namhafter Unterschied. Dagegen ergab sich sofort 20) etc. ein sehr bedeutender Mehrbesuch links, als ich hier die Temperatur um 1 bis 2° sinken liess. Diese starke Bevorzugung der minderheissen Kammer beobachtet man aber nur innerhalb der relativ hohen Temperaturzone von 40 bis herab zu 33° (Versuch 32); sinkt die Temperatur (Versuch 33 bis 36) noch tiefer — gegen das Optimum — zu, so bringen die gleichen Temperaturdifferenzen mitunter keine merkliche Reaction hervor. Ich sage ausdrücklich „mitunter", weil sich eine solche, wie sich später zeigen wird, bisweilen auch in diesem Falle geltend macht.

Im **Allgemeinen** aber **reagiren unsere Thiere auf gleiche Differenzen in der hohen Temperaturzone weit**

stärker als in der mittleren. Diese Thatsache steht scheinbar im Widerspruch mit der Beobachtung, dass bei uns die Feinheit der Temperaturunterscheidung gerade in der Mittellage am grössten ist, man vergesse aber nicht, dass *zwischen dem blossen Wahrnehmen von Reizunterschieden und dem Reagiren auf dieselben ein weiter Abstand ist.* Möglich ist es übrigens auch, dass, wenn unsere Thiere, wie dies bei den in Rede stehenden Versuchen thatsächlich der Fall war, lange Zeit (ein paar Stunden) der hohen Temperatur von 40 bis 33° ausgesetzt sind, ihr Gefühl für Differenzen in der Mittelzone abgestumpft wird.

b. *Verhalten an der unteren Grenze.* Da unsere Thiere, wie uns von früher bekannt, in ihren Bewegungen um so langsamer werden, je tiefer die Temperatur sinkt und schon bei der geringen Kälte von 5°, wenn sie länger einwirkt, zu erstarren beginnen, so ist selbstverständlich der Untersuchung der Empfindlichkeit für kleine Kälte-Unterschiede nur ein sehr enges Feld eingeräumt.

Die Ergebnisse sind folgende:

37)	$\frac{7^0}{7^0}$	15	15	$\frac{7^0}{7^0}$
38)	$\frac{8^0}{8^0}$	23	7	$\frac{6^0}{6^0}$
39)	,,	20	10	,,
40)	,,	22	8	,,

Während beide Wahlräume, wie Versuch 37 lehrt, solange sie dieselbe relativ niedere Temperatur hatten, i. A. auch gleich stark besucht waren, zeigte sich sofort ein Mehrbesuch in der linken Kammer, als dort die Temperatur 1—2° über jene der rechten stieg. *Die Reaction gegenüber kleineren Unterschieden in dieser niederen Temperaturzone* scheint aber im Ganzen *nicht so stark wie in der höheren Lage.* Dies kann indess lediglich davon herrühren, dass unsere Thiere, wie schon erwähnt, bei relativ geringer Wärme sehr träge werden.

In den folgenden Versuchen liess ich die Temperatur auf einer Seite noch tiefer sinken. Die Ergebnisse sind:

41)	$\frac{9^0}{9^0}$	14	5	1	$\frac{3^0}{4^0}$
42)	$\frac{7^0}{7^0}$	4	14	2	$\frac{3^0}{3^0}$
43)	$\frac{6^0}{5^0}$	2	18	0	$\frac{3^0}{3^0}$
44)	$\frac{6^0}{6^0}$	4	16	0	$\frac{3^0}{3^0}$
45)	$\frac{10^0}{11^0}$	2	18	0	$\frac{3^0}{4^0}$
46)	$\frac{12^0}{11^0}$	9	5	6	$\frac{3^0}{3^0}$
		35	76	9	

Aehnlich wie bei den Versuchen mit beiderseits hohen Bodentemperaturen bleiben die Thiere auch hier vorwiegend im Mittelraum, wo eine relativ höhere Bodentemperatur herrscht.

In den folgenden Versuchen liess ich die Temperatur links nahezu unverändert auf dem dem locomotorischen Minimum naheliegenden Punkt, erhöhte aber nach und nach die Temperatur der Gegenkammer.

47)	$\frac{11^0}{11^0}$	0	15	15	$\frac{5^0}{5^0}$
48)	$\frac{12^0}{12^0}$	8	20	2	$\frac{5^0}{5^0}$
49)	$\frac{15^0}{14^0}$	6	22	2	$\frac{5^0}{5^0}$
50)	$\frac{15^0}{16^0}$	10	22	8	$\frac{5^0}{4^0}$
51)	$\frac{16^0}{18^0}$	16	13	1	$\frac{5^0}{3^0}$
52)	„	9	14	7	„
53)	„	10	21	1	„
54)	$\frac{16^0}{18^0}$	10	14	6	$\frac{4^0}{2^0}$
55)	„	15	13	2	„
56)	„	8	20	2	„
		92	174	46	

Da bei diesen Versuchen nicht nur die Luft-, sondern auch die Bodentemperatur der rechten Kammer höher als die des Mittel-

raumes war, lässt sich der stärkere Besuch des letzteren nur durch die Annahme erklären, dass den Thieren, so lange die Temperatur noch unter dem Optimum liegt, ein schlechtleitender wenn auch um ein paar Grade kälterer Boden angenehmer ist als ein gutleitender, der ihnen rasch viel Wärme entzieht.

Was aber die mitunter grossen Versuchsziffern der kalten Abtheilung betrifft, so hat man zu bedenken, dass viele Thiere, wenn sie einmal in dieselbe hineingerathen sind, bald erstarren und dadurch unfähig werden sich zu retten.

Bestimmung des Optimums. Aus früher mitgetheilten Versuchen (29, 30 etc.) ist zu ersehen, dass für die Küchenschabe die obere Grenze des Optimums jedenfalls unter 34° liegt. Die folgenden Versuche sollen die Optimumgrenze näher bestimmen helfen.

57)	$\frac{32^\circ}{34^\circ}$	0	30	$\frac{25^\circ}{28^\circ}$
58)	„	0	30	„
59)	„	0	30	„
60)	„	0	30	„
		0	120	

Da von 120 Versuchsindividuen kein einziges in dem auf $\frac{32^\circ}{34^\circ}$ erwärmten Raum sich befand, steht es wohl ausser Zweifel, dass unsern Thieren diese Temperatur ausserordentlich unangenehm ist, bezw. dass das Optimum beträchtlich tiefer, sicher unter 30° C. liegt. Dies bestätigt auch die folgende Versuchsreihe.

61)	$\frac{32^\circ}{32^\circ}$	1	19	$\frac{27^\circ}{29^\circ}$
62)	$\frac{30^\circ}{31^\circ}$	1	19	$\frac{25^\circ}{26^\circ}$
63)	„	2	18	„
64)	„	1	19	„
65)	„	0	20	„
66)	„	0	20	„
67)	„	0	20	„

Danach dürfte die obere Optimumgrenze selbst unter 29 etwa auf 28° fallen.

Durch die nächsten Versuche soll die untere Optimumgrenze gefunden werden.

68)	$\frac{24^\circ}{24^\circ}$	14	16	$\frac{20^\circ}{20^\circ}$
69)	„	15	15	„
70)	„	24	6	„
71)	„	21	9	„
72)	„	21	9	„
73)	„	21	9	„
74)	„	22	8	„
		138	72	

Demnach liegt das Optimum sicher beträchtlich über 20°, wahrscheinlich sogar über 24°.

Eine weitere Einengung des Optimums geschieht durch nachstehende Versuchsreihe.

75)	$\frac{24^\circ}{25^\circ}$	6	14	$\frac{26^\circ}{27^\circ}$
76)	„	9	11	„
77)	„	10	10	„
78)	„	8	12	„
79)	„	9 etc.	11	„ etc.
		95	155	

Darnach liegt das Optimum über 25 und mit Rücksicht auf das Frühere unter 29, also ungefähr zwischen 26 und 28° C.

Ich muss nun aber ausdrücklich bemerken, dass den mitgetheilten Ergebnissen, die wenigstens eine ungefähre Bestimmung des Optimums zulassen, andere Versuchsreihen mit völlig negativen Resultaten gegenüberstehen, oder dass mit andern Worten unsere Thiere mitunter selbst auf grosse Differenzen in der Mittellage nicht reagiren. Hier nur eine solche Serie.

80)	$\frac{25^\circ}{26^\circ}$	15	15	$\frac{10^\circ}{11^\circ}$
81)	„	14	16	„
82)	„	15	15	„
83)	„	10	20!	„
84)	„	10	20!	„
85)	„	12 etc.	18!	„ etc.

Während bekanntlich in der hohen und mittleren Lage schon 1 bis 2° einen grossen Frequenzunterschied ergaben, blieb hier selbst eine Differenz von 10° wirkungslos. Man mag daraus er-

sehen, dass bei derartigen Versuchen an die Geduld des Experimentators grosse Anforderungen gestellt werden.

Völlig resultatlos blieben aus diesem Grunde auch meine bisherigen Versuche über die allfällige Verschiebung des Optimums unter der Einwirkung verschiedener Normaltemperaturen; die vorstehenden Bestimmungen beziehen sich auf eine Durchschnittstemperatur von 14 bis 17° C.

Wahl zwischen Extremen der Temperatur. Die hier zu beantwortende Frage ist die, wie sich unsere Thiere verhalten, wenn der eine Wahlraum sehr kalt und der andere sehr warm ist. Ich begann mit der Gegenüberstellung von $\frac{30^{\circ}}{35^{\circ}}$ und $\frac{6^{\circ}}{1^{\circ}}$. Erstere Temperatur liegt bekanntlich zwischen dem Optimum und Maximum, letztere in der Nähe des locomotorischen Minimums.

86)	$\frac{30^{\circ}}{35^{\circ}}$	15	9	6	$\frac{6^{\circ}}{1^{\circ}}$
87)	„	16	7	7	„
88)	„	14	6	10	„
		45	22	23	

Bei dieser Differenz wird also die Wärme vorgezogen; aus dem Umstand indess, dass auch der Mittelraum ziemlich stark besucht war, ist zu ersehen, dass die relativ hohe Bodentemperatur von 35° den Thieren nicht sehr angenehm ist.

Ich steigerte nun successive die Temperatur der Warmkammer.

89)	$\frac{32^{\circ}}{38^{\circ}}$	18	6	7	$\frac{6^{\circ}}{1^{\circ}}$
90)	„	16	8	7	„
91)	$\frac{39^{\circ}}{40^{\circ}}$	14	10	6	
92)	„	17	7	8	

Das Verhalten ist ähnlich wie früher, nämlich ausgesprochene Bevorzugung des Wärmeraumes.

Anders fällt die Wahl aus, sobald das Wärme-Maximum überschritten wird.

93)	$\frac{36^0}{43^0}$	20	10	$\frac{6^0}{1^0}$
94)	„	12	18	„
95)	$\frac{37^0}{44^0}$	21	9	„
96)	„	14	16	„
97)	„	10	20!	„
98)	„	4	26!	
		81	99	

Auffallend ist hier zunächst, dass sich nur selten Thiere im Mittelraum postiren und dann, dass die in die kalte Abtheilung kommenden weit länger ihre Beweglichkeit erhalten, als dies sonst einer Bodentemperatur von 1^0 entspricht. Das Verhalten ist aber leicht zu erklären. *Den Thieren wird offenbar in der Warmkammer so heiss, dass sie, um sich abzukühlen, lieber einige Zeit in der Kaltkammer als im mässigwarmen Mittelraum verweilen.* In Folge der in der Warmkammer aufgenommenen Wärme können sie es dann auch in der Kaltkammer länger aushalten. Dass diese Erklärung die richtige, ergibt sich auch daraus, dass die Thiere fortwährend hin- und herlaufen; *dieser beständige Wechsel zwischen der kalten und heissen Abtheilung lässt eben nicht so rasch die tödtliche Wirkung der Extreme aufkommen.* Mit einem Wort, die Thiere thun dasselbe, was wir unter analogen Verhältnissen, z. B. im Schwitzbad, thun, wo wir ja bald das Bedürfniss empfinden, uns im Kaltraum abzukühlen und in letzterem das, wieder in den Warmraum zurückzukehren.

Wieder anders wird die Vertheilung der Thiere, wenn die eine Kammer noch heisser wird.

99)	$\frac{40^0}{48^0}$	15	9	6	$\frac{6^0}{1^0}$
100)	„	6	20	4	„
101)	„	6	22!	2	„
102)	„	4	24!	2	„

Die Thiere halten sich jetzt vorwiegend im Mittelraum auf, offenbar *weil ihnen die hochgestiegene Bodentemperatur* der Warmkammer *auch für ganz kurze Zeit unerträglich wird.*

Abermals anders wird das Verhalten der Thiere, wenn in der einen Kammer nicht nur die Boden-, sondern auch die Lufttemperatur noch weiter gesteigert wird.

103)	$\frac{45^0}{55^0}$	1	10	$\frac{+5^0}{-2^0}$
104)	„	2	6	„
105)	„	1 etc.	6	„ etc.
		18	60	

Dass die Thiere jetzt nicht in der Mittelkammer bleiben hat offenbar den Grund, dass sie in Folge der durch die grosse Hitze der einen Kammer entstandenen hochgradigen Erregung überhaupt nirgends zur Ruhe kommen, sondern in ununterbrochener Hast, bis sie verenden, hin- und herlaufen. Möglich ist es auch, dass ihnen die hohe Lufttemperatur des Mittelraumes für einen dauernden Aufenthalt unangenehmer ist als ein kurzes Verweilen in der Kaltkammer.

Ich schliesse mit der Bemerkung, dass unsere Thiere die Kaltkammer auch selbst dann vorziehen, wenn ihre Temperatur bis auf $\frac{0}{-5^0}$ und darunter sinkt.

Ueber die Reizwirkungen der Stöhrer'schen Maschine auf Nerv und Muskel.

Von

Dr. **P. Grützner** (Tübingen).

Hierzu 22 Holzschnitte.

Die Induktionsströme, welche jetzt nahezu ausschliesslich in der physiologischen wie ärztlichen Praxis Verwendung finden, werden bekanntlich dadurch erzeugt, dass man in einer sogenannten primären Spirale einen elektrischen Strom schnell entstehen und vergehen und die in einer zweiten, sekundären Spirale hierbei entstehenden Induktionströme auf Nerv und Muskel ein-

wirken lässt. Der so entstehende Schliessungs- und Oeffnungsinduktionsstrom unterscheiden sich bekanntlich nicht bloss von einander nach ihrer Richtung, sondern, was für ihre physiologische Wirkung von viel grösserer Bedeutung ist, auch nach der Art ihres Verlaufes. Dem jäh ansteigenden, in ungemein kurzer Zeit ablaufenden, physiologisch stark wirksamen Oeffnungsinduktionsstrom steht der langsamer ansteigende und verlaufende physiologisch viel weniger wirksame Schliessungsinduktionsstrom gegenüber. Da das Bestreben der Physiologen diese beiden Ströme physiologisch gleichwerthig zu machen, als nicht vollkommen gelungen bezeichnet werden kann, so hat man sich neuerdings bemüht auf anderem Wege Induktionsströme zu erzeugen, welche jenen Anforderungen vollkommen entsprechen. Um genanntes Ziel zu erreichen, liess Hering[1]) unter Anderem die sekundäre Spirale eines Induktionsapparates sich um eine vertikale Axe vor der primären, von einem gleichmässigen Strome durchsetzten Spirale drehen, wodurch durchaus gleichartige Induktionsströme entstehen mussten, indem immer bei senkrechter Stellung der Spiralen zu einander die inducirende Wirkung gleich Null war und, gleichmässige Drehungsgeschwindigkeit angenommen, bestimmten Bewegungen beziehungsweise Stellungen der sekundären Spirale auch bestimmte Induktionsströme entsprachen. Dieser Apparat ist, wie man ohne Weiteres sieht, im Wesentlichen nichts Anderes, als die Stöhrer'sche Maschine, oder ihr ähnliche magneto-elektrische Apparate, die jetzt kaum noch im Gebrauch sind.

Es interessirte mich, die physiologische Wirkung eines derartigen Apparates einmal etwas näher zu erforschen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, welche an sich allerdings nichts wesentlich Neues bringen, will ich in Folgendem kurz mittheilen, da sie mich zu einigen neuen Anschauungen über die Muskelthätigkeit geführt haben.

Ich bediente mich einer Stöhrer'schen Maschine von bekannter Bauart. Vor einem starken, 32 cm langen, hufeisenförmigen Stahlmagnet, der aus 5 Lamellen bestand, drehten sich die

---

1) Wiener Sitzungsberichte, Bd. 89, 3. Abthlg. 1884. Auch v. Kries (Berichte der Verhandl. der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg in B. Bd. 8) verwendete ähnliche Induktionsströme, indem er zwischen einer Spirale und einem Magneten ein gezahntes Eisenrad rotiren liess.

Drahtspulen mit ihren Eisenkernen. Der Durchmesser der Eisenkerne betrug 2 cm, die Polflächen der Magneten maassen etwa 8 □cm. Die Spulen trugen auf ihrer Axe den bekannten Stöhrer'schen Commutator, welcher erstens die abgeleiteten Ströme gleich richtet und zweitens zur Entstehung starker Extracurrenten Veranlassung giebt. Die Wirkung dieser Ströme, weil sie sich von andern Induktionsströmen kaum unterscheiden dürften, verfolgte ich nicht weiter.

Wenn man nun durch Entfernung des Commutators, d. h. einfach durch Zurückziehen der schleifenden Federn und Auflegen neuer Schleifkontakte auf die Polenden der Drahtspulen[1]) diejenigen Induktionsströme ableitet, welche lediglich durch Annäherung und Entfernung der Eisenkerne und Magnetpole entstehen, also namentlich bei der Grösse des magnetischen Feldes und mässiger Drehungsgeschwindigkeit einen allmählichen, nicht den jähen Verlauf der Extracurrenten aufweisen, so ist deren Wirkung selbstverständlich eine viel schwächere, als sie bei der gewöhnlichen Handhabung des Apparates (mit Commutator) beobachtet wird. Im ersteren Falle verspürt man — alles Uebrige gleich gesetzt — nicht die geringsten Erschütterungen, wenn man die ableitenden Elektroden mit den Händen anfasst, im zweiten heftige Schläge. Entsprechend verhält sich das Nervmuskelpräparat.

Auch das Telephon zeigt deutlich die Verschiedenheit jener Ströme, indem in dem einen Fall bei schnellem Drehen der Spulen ein dumpfer tiefer Ton, bei langsamerem Drehen flatternde, matte Geräusche oder Stösse gehört werden, im anderen, wenn die

1) Auf der horizontalen, die Spulen tragenden Drehungsaxe meines Apparates sass jenseits des Commutators eine kleine Scheibe. Ihr inneres, etwa 8 mm dickes Stück, welches nicht leitete, war auf beiden Seiten mit je einer dünnen Kupferscheibe bedeckt. In diesen Kupferscheiben endeten die Poldrähte der Spulen. Von ihnen geschah also die Ableitung am besten vermittelst kleiner Metallbürsten, ähnlich denjenigen, wie man sie im Grossen an den Gramme'schen Maschinen, und wie sie kürzlich Hermann im Kleinen an dem Bernstein'schen Rheotom angebracht hat. Ist die Ableitung gut, so darf man mit dem Telephon nicht das geringste kratzende oder schabende Geräusch hören, sondern nur dumpfe Stösse. Säuberung der Kupferplatten mit feinem Schmirgelpapier stellt den gewünschten Zustand her. Bequemer wäre es natürlich, wenn man gar keinen Schleif- oder beweglichen Kontakt anwendete, sondern den Magneten drehte, wie ich es später gethan habe. (Siehe S. 271.)

jäh ansteigenden Extracurrenten hereinbrechen, ein lautes, dem Ohre fast unerträgliches Knattern sich bemerkbar macht.

Die Verstärkung und Abschwächung der Ströme geschah bei möglichst gleichmässiger Drehungsgeschwindigkeit des Apparates zunächst durch Heranschieben des grossen Magneten an die Spulen, beziehungsweise Entfernung desselben von ihnen. Da aber hier eine geringe Verschiebung um einen Millimeter schon bedeutende Unterschiede aufweist, so zog ich es vor bei gleichbleibendem Abstande der Spulen von dem Magneten die Stärke der angewendeten Ströme durch Einschaltung einer Nebenschliessung zwischen die Elektrodendrähte zu verändern. Als Nebenschliessung wurde ein Siemens'scher Rheostat verwendet und empirisch die den verschiedenen Widerständen entsprechenden Stromstärken festgestellt. Wie der Versuch in Uebereinstimmung mit den bekannten Kirchhoff'schen Formeln ergab, durften wir den Widerstand der Nebenschliessung nicht zu gross werden lassen, um mit seiner Vergrösserung auch noch eine nennenswerthe Vergrösserung der Stromstärke zu erhalten. Spulen und Magnet wurden daher ziemlich nahegestellt (etwa einen Millimeter) und die eingeschalteten Widerstände der Nebenschliessung an und für sich klein gewählt.

Die Elektrodendrähte führten dann ausserdem noch zu einem Stromwender und nach Unterbrechung des einen von ihnen durch einen Quecksilberschlüssel zu den unpolarisirbaren Elektroden, die in schon von mir beschriebener Weise[1]) in dem Pflüger'schen Myographium befestigt waren. Den Zeichenhebel genannten Apparates, welcher auf eine sich schnell drehende, grosse Trommel zeichnete, hatte ich jedoch so verändert, dass er an und für sich sehr leicht, bei Zusammenziehung des Muskels ein kleines Gummiband um einige Millimeter dehnte. Zudem war die Einrichtung, wie später[2]) näher zu beschreiben, so beschaffen, dass trotz der Dehnung des Kautschukstreifens die Spannung am Muskel doch gleich blieb. Der Hebel war ohne jede Trägheit; die Vergrösserung der Bewegung vier bis sechsfach.

Weiterhin kam es mir bei meinen Versuchen darauf an, die jedesmalige Stellung der Spulen gegen den Magneten an den Curven sichtbar zu machen; denn da eine Umdrehung der Spulen

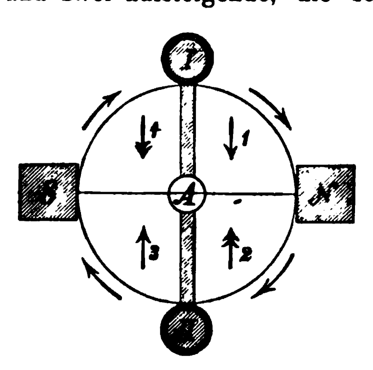
---

1) Dies Archiv, Bd. 28, S. 138.

2) Siehe folgende Abhandlung. S. 281.

mehrere Ströme liefert, die in rascher Folge einander ablösen, so konnte man bei der ebenfalls schnellen Folge von Zuckungen natürlich gar nicht wissen, welcher Strom den Nerven gereizt hatte. Um dies Ziel zu erreichen, schlug ich, so wie kürzlich Fuhr[1]), den, wie ich glaube, einfachsten Weg ein, indem ich einen senkrecht auf der Axe der Spulen befestigten Zapfen an einen ihm gegenüberstehenden einarmigen Hebel leise anschlagen liess. Dieser Hebel war mit einer Marey'schen Aufnahmetrommel und diese in bekannter Weise durch einen Gummischlauch mit einer entsprechenden Zeichentrommel und Fühlhebel in Verbindung. So wurde also bei jeder Umdrehung an bestimmter Stellung der Spulen zum Magneten eine Marke unter der Muskelkurve gezeichnet und dies genügte vollkommen.

Was nun den Verlauf und die Art der Ströme einer derartig hergerichteten Stöhrer'schen Maschine anlangt, so ist darüber Folgendes vorauszuschicken. Jede Umdrehung liefert vier Ströme und zwar, wenn wir sie wegen ihrer Anwendung für Nervenerregung gleich als auf- und absteigende bezeichnen, zwei absteigende und zwei aufsteigende, die so aufeinander folgen: | ↓↑↑↓ | ↓↑↑↓ | wie ohne Weiteres aus nebenstehender Zeichnung (Fig. 1) hervorgeht. Seien *S* und *N* die Pole des Magneten und *I* und *II* die um die Axe *A* sich drehenden Spulen in ihrer Nullstellung (das heisst gerade in der Mitte zwischen *S* und *N*), so wird, wenn sie sich aus dieser Stellung um eine Vierteldrehung im Sinne des Uhrzeigers bewegt haben und I gegenüber *N*



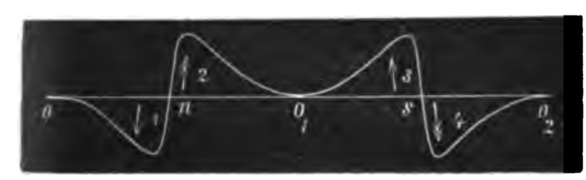
Figur 1.

steht, der erste (sagen wir absteigende) Strom allmählich von Null an anwachsen. (Siehe in Figur 1, ↓1.) Jetzt entfernt sich *I* von *N* und es schlägt augenblicklich der absteigende Strom in sein Gegentheil um. (↑2 in Fig. 1.) Nun nähert sich die Spule *I* ihrer zweiten Indifferenzlage. Der jäh entstandene Strom (immer bezeichnet durch Pfeile mit doppelter Spitze ↑) sinkt allmählich bis auf Null herab, um ebenso allmählich, wenn die Spule *I*, den

1) Dies Archiv, Bd. 38, S. 313.

dritten Quadranten durchlaufend, sich dem Südpol (S) nähert, noch einmal wieder auf seine alte Höhe anzusteigen (↑ 3 in Fig. 1, wie alle allmählich ansteigenden Ströme durch Pfeile mit einfacher Spitze ↑ bezeichnet). In dem Augenblick, in welchen I von S sich entfernt, stürzt dieser Strom wieder jäh von seiner Höhe herab und schlägt in kürzester Zeit in seinen Gegenstrom um (↡ 4 in Fig. 1). Wir haben also bei jeder Umdrehung zwei allmählich (↓ 1 und ↑ 3) und zwei jäh ansteigende Ströme (↟ 2 und ↡ 4).

Stellt man sich die Verhältnisse in einer Curve dar, so würde sie ungefähr nebenstehende Gestalt annehmen (s. Fig. 2) Unter der Nulllinie OO_2 entwickelt sich allmählich von O an der erste absteigende Strom (↓ 1). Bei n schlägt er in kürzester Zeit in seinen Gegenstrom um (↟ 2). Auf diesen folgt wieder allmählich ansteigend, bei O_1 der gleichgerichtete (↑ 3) und bei s der jäh ansteigende (↡ 4). Es ist wichtig sich diese Verhältnisse vollkommen klar zu machen, um so mehr als sie von Forschern[1], die kürzlich mit ähnlichen Apparaten gearbeitet haben, nicht immer berücksichtigt worden sind.

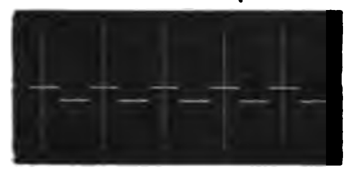


Figur 2.

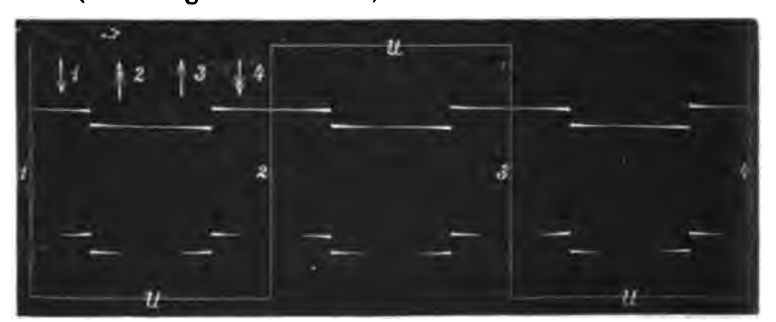
Dass die Ströme in der That den in Fig. 2 dargestellten Verlauf nehmen, davon kann man sich unmittelbar auf folgende einfache

1) Hering (siehe oben) glaubte mit seinem Apparate abwechselnd gerichtete, physiologisch gleichwerthige Ströme zu erhalten und bei 20 Umdrehungen 20 Induktionsströme. In Wirklichkeit erhielt er 40 Induktionsströme, die aber immer nur paarweise physiologisch gleichwerthig waren. v. Kries (siehe oben) meint auch bei seinem Apparat, dass die Zahl der einzelnen Ströme bei einer Umdrehung des gezahnten Rades gleich ist der Zahl der Zähne. Sie ist aber ebenfalls noch einmal so gross, denn jeder Zahn liefert zwei, einander entgegengesetzte Ströme, wenn auch das Telephon einen Ton hören lässt, dessen Höhe der einfachen Zahl der Zähne entspricht. Auch bei der Stöhrer'schen Maschine hört man vermittelst des Telephons bei einer Umdrehung nur zwei Schläge, beziehungsweise bei schnellerer Umdrehung den entsprechenden Ton. Die Telephonplatte erhält immer nur einen Stoss, wenn die Spulen gerade die Magnetpole passiren, also bei n und s (siehe Fig. 2). Trotz dieser zwei Stösse gehen doch vier Ströme durch das Telephon.

und zierliche Weise überzeugen. Wenn man nämlich die Ströme in ein Paar Platinspitzen eintreten lässt und diese auf ein befeuchtetes Jodkaliumkleisterpapier[1]) setzt, so entstehen, wenn der Apparat gedreht wird, zwei dunkelblaue kleine Flecken. Sobald man nun aber die Elektroden mit gleichmässiger Geschwindigkeit über das Papier fortbewegt (entweder einfach mit der Hand, während das Papier auf einer Glasplatte festliegt, oder indem bei feststehenden Elektroden das Papier auf einem sich drehenden Cylinder unter ihnen weggleitet), so sieht man nebenstehende Zeichnungen (siehe Fig. 3 a). Sind die Ströme stark, so zeichnet erst die eine und unmittelbar darauf die andere Elektrodenspitze, die beide natürlich auf dem feuchten Papier nicht kratzen dürfen, eine schwarzblaue Linie, wie nebenstehend zu sehen. Doch wird man bei genauerer Betrachtung bald merken, dass jene beiden langen Linien nicht überall gleich dick gezeichnet sind, sondern immer in ihrer Mitte (was auf der Zeichnung nicht wiedergegeben ist), z. B. da wo die senkrechten Linien durch sie hindurchgehen, viel heller und dünner sind, als an ihren beiden Enden. Bei ausreichender Geschwindigkeit der sich drehenden Trommel löst sich jede der beiden Linien in zwei auf, welche nur durch einen ganz zarten, blauen Strich oder auch gar nicht miteinander zusammenhängen. Sie haben etwa nachstehende Gestalt (siehe Figur 3 b und 3 c). Die zwischen die senkrechten



Figur 3 a.



Figur 3 b und 3 c.

1) Gutes Fliesspapier wird mit etwa 4 %igem, frisch bereitetem Stärkekleister, in dem 5% Jodkalium gelöst ist, gleichmässig getränkt, dann getrocknet und für den Versuch frisch befeuchtet. Merkwürdig ist, dass, wenn sich das Papier durch Liegen ein wenig gebräunt hat, also freies Jod enthält, es viel empfindlicher wird.

Striche 1 und 2, 2 und 3 u. s. w. eingeschlossenen Abschnitte der Kurven entsprechen jedesmal einer ganzen Umdrehung (*U*) der Spulen aus ihrer Nulllage (*I II* Fig. 1) in dieselbe zurück, so wie es oben geschildert und wie die Pfeile angeben.

Aus diesen Zeichnungen, namentlich aber aus Fig. 3 b und 3 c geht deutlich hervor, dass die Ströme ↓1 und ↑3 allmählich ansteigen, indem sie in der Zeiteinheit anfänglich wenig und erst später mehr elektrolytische Produkte liefern. Ihre elektrolytischen Kurven beginnen mit Spitzen und enden in dicken Strichen. Umgekehrt verhalten sich die Ströme ↑2 und ↓4, welche sofort ihre höchste Höhe erreichen und allmählich absinken.

Untersucht man die Ströme mit einem Kapillarelektrometer, so sieht man bei ihrer schnellen Aufeinanderfolge nur ein Zittern des Quecksilberfadens, aus welchem, wenn man nicht gerade stroboskopische Auflösung oder Augenblicksphotographie zu Hilfe nimmt (was ich nicht gethan habe) wenig erschlossen werden kann.

Das Telephon zeigt jene vier Ströme nur durch zwei Schläge an, welche immer dann gehört werden, wenn die Spulen gerade den Magneten gegenübertreten (bei *n* und *s* in Fig. 2), also immer dann, wenn der jähe Wechsel von + zu — oder umgekehrt erfolgt. Ueber die Richtung der Ströme sagt natürlich das Telephon gar nichts aus.

Eine noch so feine Bussole giebt zwar bei langsamer Drehung die jedesmalige Richtung der einzelnen Induktionsströme an, versagt aber sofort bei schnellerer Drehung. Man gewahrt nur ein Zittern des Spiegels.

Es erwies sich also diese meine elektrolytisch-graphische Methode allen andern überlegen und ich glaube dieselbe noch für viele Zwecke empfehlen zu können, namentlich wenn es sich darum handelt, schnell verlaufende, ausreichend starke Ströme unmittelbar in ihrer Richtung und der Art ihres Verlaufes festzustellen und aufzuschreiben.

Nebenbei sei hier erwähnt, dass wenn man die Induktionsströme eines gewöhnlichen Schlittenapparates von Du Bois-Reymond in gleicher Weise wie oben mit beweglichen Elektroden auf ihre elektrolytische Wirkung prüft, man die überraschende Thatsache findet, dass der jäh ansteigende Oeffnungsinduktionsstrom viel stärker elektrolytisch wirkt, als der allmählich anstei-

gende Schliessungsinduktionstrom. Schwächt man die Ströme mehr und mehr ab, so zeichnet schliesslich nur noch die Anode des Oeffnungstromes, dagegen nicht diejenige des Schliessungsstromes. Da dieselbe Erscheinung — wie schon bekannt[1]) — auch bei ruhenden Elektroden vorkommt, so ist sie mir vorläufig nicht recht verständlich[2]).

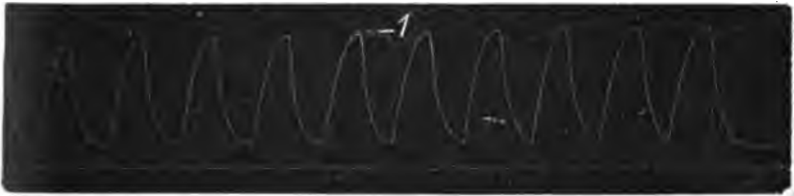
Die Wirkungsweise genannter Ströme lässt sich nun nach den gemachten Mittheilungen ziemlich leicht voraussagen. Da ich selbst freilich den umgekehrten Weg bei der Untersuchung dieser Angelegenheit gemacht habe und aus der physiologischen Wirkung der Ströme erst auf ihre genauere physikalische Untersuchung geführt wurde (so weit uns dieselbe hier angeht), so war ich über das, was ich zuerst sah, einigermaassen überrascht. Ich bemerkte nämlich ausnahmslos, dass bei Anwendung von schwachen Strömen einer ganzen Umdrehung immer nur eine einzige Zuckung des Muskels entsprach. Jene vier schnell aufeinanderfolgenden Induktionsströme ergaben also zunächst nie eine Spur von Tetanus, sondern immer nur eine einzige Zuckung und doch war ihre zeitliche Aufeinanderfolge für einen Tetanus eine sehr günstige. Eine Umdrehung der Spulen dauerte etwa $^1/_7$ Sekunde. Es trafen also in einer Sekunde den Nerven etwa 25—30 Reize.

Welcher von den vier Induktionsströmen einer Umdrehung hatte nun den Nerven gereizt? Es sei bemerkt, dass die Elektroden nahe dem Querschnitt anlagen und Umkehrung der Ströme, wie zu erwarten, die Erfolge nicht veränderte. Wohl aber zeigte sich ein Unterschied beider Kurven, wenn man sie mit den unmittelbar unter ihnen gezeichneten Zeitmarken verglich, die jedesmal die Nullstellung *I II* der Spulen (siehe Fig. 1) angaben. Es zeigte sich nämlich, dass wenn die Zeitmarken gerade in dem Moment der Nullstellung gemacht wurden, dann in dem einen Fall

1) Wiedemann, Elektricitätslehre, Bd. 4, S. 139.

2) Siehe Breslauer ärztl. Zeitschrift 1885, Nr. 23, woselbst ich als Erklärung dieses Vorganges die möglicherweise sich bei dem Schliessungsinduktionsstrom geltend machende Polarisation heranzog. Die Erscheinung bedarf jedenfalls weiterer Untersuchung.

die Zuckungen nach einem Viertel, im zweiten (bei gewendetem Strom) nach drei Viertel Umdrehungen gezeichnet wurden. Von den vier Induktionsströmen wirkte also nur der schnell sich entwickelnde absteigende (↓2 oder ↓4); die drei übrigen waren völlig wirkungslos, theils weil sie zu langsam anstiegen (Gesetz von Du Bois-Reymond), theils weil sie eine ungünstige Richtung hatten (Beobachtungen von Hermann, v. Fleischl und Anderen). Die nachstehenden Figuren (Figur 4a und 4b) stellen derartige



Figur 4 a.



Figur 4 b.

Kurven dar. Bei der einen Wippenlage +1 (das heisst 1 Siemens Widerstand in der Nebenschliessung) tritt die Zuckung immer auf nach drei Viertel Umdrehung, bei —1 dagegen nach einem Viertel.

Legt man die Elektroden an eine untere Stelle des Nerven, so bedarf man zu der Reizung etwas stärkerer Ströme und es sind, wie bekannt, jetzt nur die jäh verlaufenden aufsteigenden Induktionsströme von Wirkung (↑4 und ↑2). Im Uebrigen verhält sich Alles gleich.

Sitzen die Elektroden auf einer indifferenten Stelle, einem sogenannten Aequator von v. Fleischl, der durch ab- und aufsteigende Ströme gleich stark gereizt wird, so ist der Reizerfolg der, dass entweder gar keine Zuckung oder sofort je zwei untereinander gleiche (oder nahezu gleiche) Zuckungen bei einer Umdrehung beobachtet werden. Dieser Fall ist aber viel seltener als die beiden früheren, weil man bekanntlich nach einem Aequator suchen muss, und wenn man die Elektroden so ohne Weiteres anlegt, man nicht auf stromlose, oder sagen wir lieber, man in der Regel auf

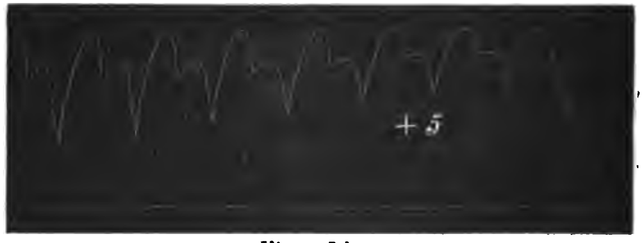
solche Stellen trifft, in denen die eine oder die andere Stromrichtung vorzugsweise wirksam ist[1]).

Wiederholt man nun diese drei Arten von Versuchen mit stärkeren Strömen, so verändern sich die Kurven oft in sehr merkwürdiger Weise.

Ihre absteigenden Schenkel zeigen nahe an ihrer Spitze einen kleinen Knick oder verlaufen auffällig wenig abwärts. Es ist, wie in ganz ähnlicher Weise kürzlich Fuhr[2]) gezeigt hat, in jenen Kurven noch ein zweiter, wenn auch kleiner Reiz verborgen. Je stärker man die Ströme nimmt, um so deutlicher tritt er zu Tage und jede Umdrehung liefert dann zwei Zuckungen, eine stärkere, die bei oberer oder unterer Lage der Elektroden schon vorhanden war, und eine zweite neue kleinere, die sich mit der Verstärkung der Ströme vergrössert. Figur 5a und 5b giebt ein paar derartige Bilder.



Figur 5 a



Figur 5 b.

Es ist nicht schwer zu entscheiden, welcher von den noch drei übrigen Induktionsströmen diese zweite Erregung geliefert hat. Die Zeitmarken und die Gestalt der Kurven an und für sich ergeben, dass der zweite Reiz zwei Viertel Umdrehungen hinter dem ersten, das heisst genau in der Mitte der Muskelkurve auftritt,

---

1) Man wolle übrigens die ganz ähnlichen Versuchsergebnisse von v. Fleischl mit seinem Rheonom vergleichen. Wiener Sitzungsber. math. naturw. Kl. Bd. 82, III, 1881, S. 141.

2) Siehe die Abbildungen genannter Arbeit.

dass also wiederum der jäh ansteigende Induktionsstrom, trotzdem er ungünstig gerichtet ist (↓ unten, ↑ oben), über die beiden andern, selbst den günstig gerichteten, freilich langsam ansteigenden Induktionsstrom den Sieg davon trägt.

Bis hierher sind die Verhältnisse einfach. Verwickelter aber werden sie, wenn man die Ströme noch weiter verstärkt. (Im vorliegenden Fall gegen Hundert Siemens Widerstand in der Nebenleitung.) Während eine geraume Zeit lang auf eine Umdrehung immer zwei Zuckungen entfallen, werden auf einmal die Zuckungen wieder einfach. Ihre Untersuchung ergiebt, dass die aufsteigenden Induktionsströme (↑4 und ↑2) wirkungslos geworden sind, dass wir also die dritte Stufe des Pflüger'schen Zuckungsgesetzes vor uns haben, welches hiernach auch für die ziemlich schnell ansteigenden Induktionsströme gilt. Die Hemmung an der Anode tritt also früher ein, als die Reizung an der Kathode. Der hier gesetzte Reiz findet die Anode schon undurchgängig, was meines Wissens bei andern Induktionsströmen noch nicht beobachtet wurde. Im Uebrigen gilt diese polarisatorische Wirkung, das schnelle Entstehen des Anelektrotonus, nur für die oberen Strecken des Nerven, eine Thatsache, die ich in Gemeinschaft mit Fräulein Halperson[1]) für konstante Ströme feststellte. So leicht es nämlich ist, die Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes von oberen Nervenstellen aus verschwinden zu lassen, so schwierig ist es — das heisst, um so ausserordentlich viel stärkere Ströme braucht man — um sie von unteren Nervenstellen aus aufzuheben. (Siehe Fig. 6.)

Figur 6.

1) Dissertation. Bern 1884.

Wendet man schliesslich noch stärkere Ströme an, so werden die Kurven wieder anders. Eine Spulenumdrehung liefert wieder zwei Reize, beziehungsweise Zuckungen. Die Hauptzuckung behält ihren Ort bei, die Nebenzuckung aber erfolgt nicht mehr genau in der Mitte der Hauptzuckung, sondern etwas früher, wie in der Kurve in Figur 7 zu sehen ist. Sie trägt in ihrem aufsteigenden Schenkel vor ihrer Mitte, etwa nach $^5/_{16}$ ihres Verlaufes einen kleinen Knick. Es ist also unzweifelhaft, dass jetzt neben dem jäh ansteigenden Strom ↓ auch der ihm auf dem Fuss folgende, langsam entstehende ↓ wirksam wird. Nicht gar selten sieht man übrigens dieselbe Erscheinung auch bei schwächeren Strömen. Es ist also unter Umständen der Strom ↓ früher wirksam, als der Strom ↑ (siehe Fig. 7 a). Ausserdem sieht man bei starken Strömen noch eine Zuckungsform, wie sie die Figur 7 b darstellt; das heisst,



Figur 7.

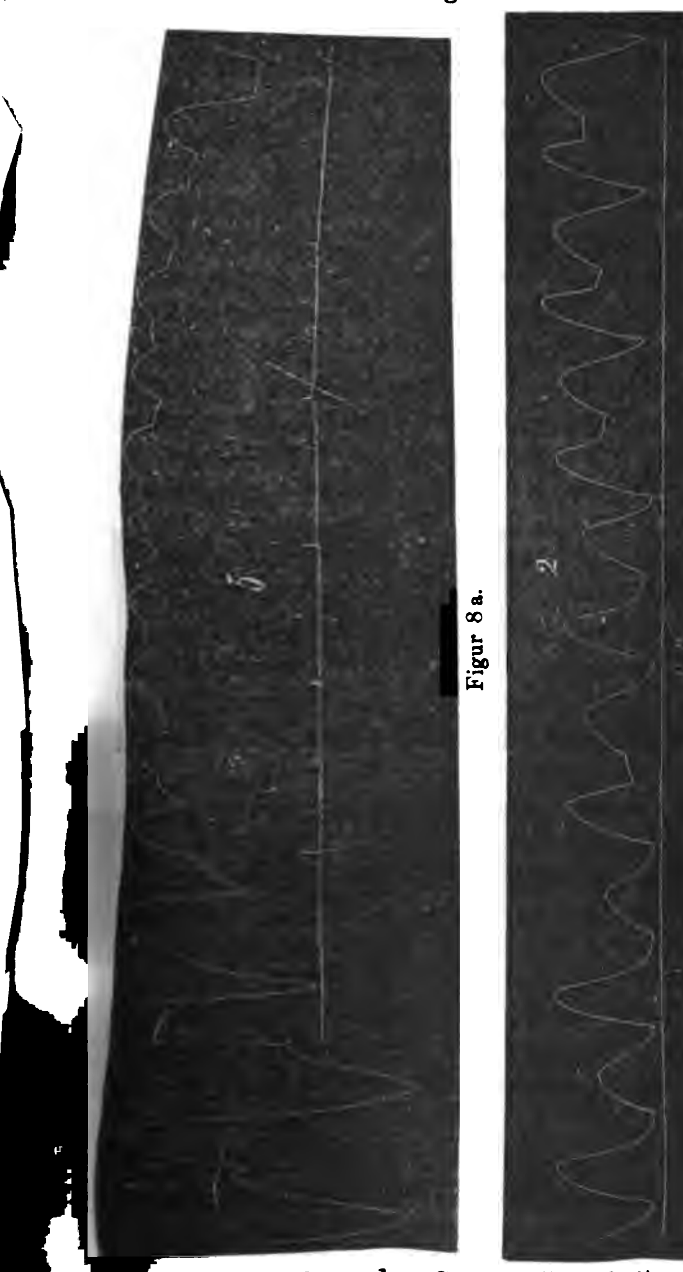


Figur 7 a.



Figur 7 b.

es ist neben dem Strom ↓ der ihm unmittelbar voraufgehende ↑ wirksam. Diese Zuckungsform entwickelt sich regelmässig aus derjenigen, in welcher nur eine einzige Zuckung in Folge starker Ströme bei einer Umdrehung aufgetreten ist, also aus Figur 6.



Figur 8 a.

Figur 8 b.

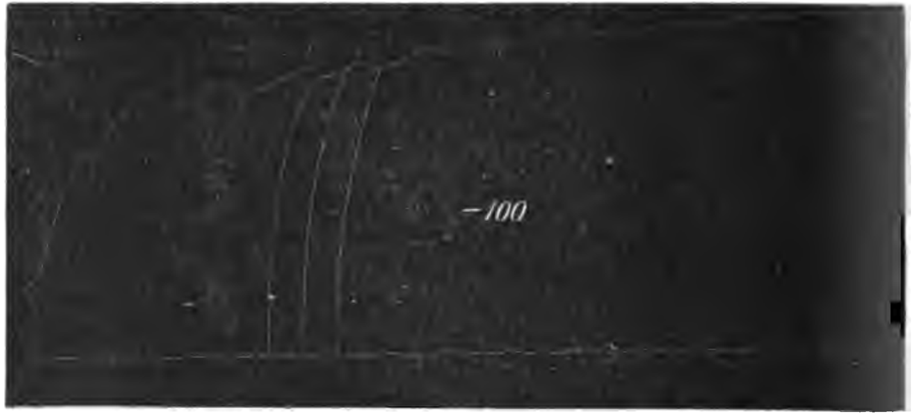
Schliesslich noch die Wirkungen starker Ströme an mittleren oder unteren Nervenstellen. Wenn man genau einen Aequator getroffen hat, was wie gesagt, nur ausnahmsweise gelingt, so kann man sehen, wie zu den zwei starken Zuckungen einer Umdrehung noch zwei schwache sich hinzufügen, so dass also jeder der vier Induktionsströme erregend wirkt. Für diesen verhältnissmässig seltenen Fall dienen als Beleg die Kurven 8 a und 8 b. Man sieht, dass immer eine starke mit einer schwachen Zuckung abwechselt. Bemerkenswerth aber ist hierbei, dass die kleineren Zuckungen auch kürzere Zeit dauern. Das kommt daher, weil die lang- m ansteigenden Ströme (↓ und ↑) nicht immer genau in der

Mitte zwischen je zwei jäh ansteigenden beginnen (s. Fig. 3c) und vielleicht auch nicht im ersten Moment ihres Entstehens reizen, sondern erst eine gewisse Höhe erreicht haben müssen, ehe sie wirksam werden. Daher sieht man auch, dass in Folge einer starken Zuckung durch die Ströme ↑ und ↓ der Muskel am meisten Zeit hat, sich wieder zu verlängern und die Einschnitte namentlich im Beginn der Reizung tief hinabgehen (siehe den Anfang in Figur 8 a). Ausserdem tritt uns hier eine Erscheinung sehr deutlich entgegen, auf die meines Wissens v. Kries[1]) zum ersten Mal hingewiesen hat. Die durch die schwachen Ströme erzeugten Zuckungen haben nämlich auch einen viel kürzer dauernden Anstieg. In Folge der schwachen Reize zuckt also der Muskel schneller, als in Folge der starken, was weiter unten zu erklären versucht wird.

Am verwickelsten aber werden die Erscheinungen, wenn man mit starken Strömen an unteren Nervenstellen reizt; dann stecken nämlich in jeder grösseren Zuckung der Regel nach drei Zuckun-



Figur 9.



Figur 10.

1) Berichte der naturf. Gesellsch. zu Freiburg i. B. Bd, 2, 1886.

gen, indem die Wirkung von ↑ nicht verschwindet und selbstverständlich auch die von ↓ bestehen bleibt. Es findet sich also immer genau in der Mitte jeder grösseren Zuckung ein kleiner Einschnitt. Die dritte Zuckung rührt her von einem der langsam ansteigenden Ströme, in der Regel von dem Strom ↓. Diese Verhältnisse zeigen in ihrem Wechsel die Kurve Figur 9 bei Anwendung schwacher, und die Kurve Figur 10 bei Anwendung stärkerer Ströme.

Fassen wir also die Ergebnisse zusammen, so zeigt sich Folgendes:

1. Von den vier Induktionsströmen einer Umdrehung sind zuerst immer nur die jäh ansteigenden wirksam und zwar zu allererst bei den schwächsten Strömen die günstig gerichteten, also absteigende am oberen, aufsteigende am unteren Nerven. Wir haben also immer nur e i n e Zuckung bei einer Umdrehung, ausnahmsweise freilich zwei, wenn die Elektroden gerade an einem Aequator liegen.

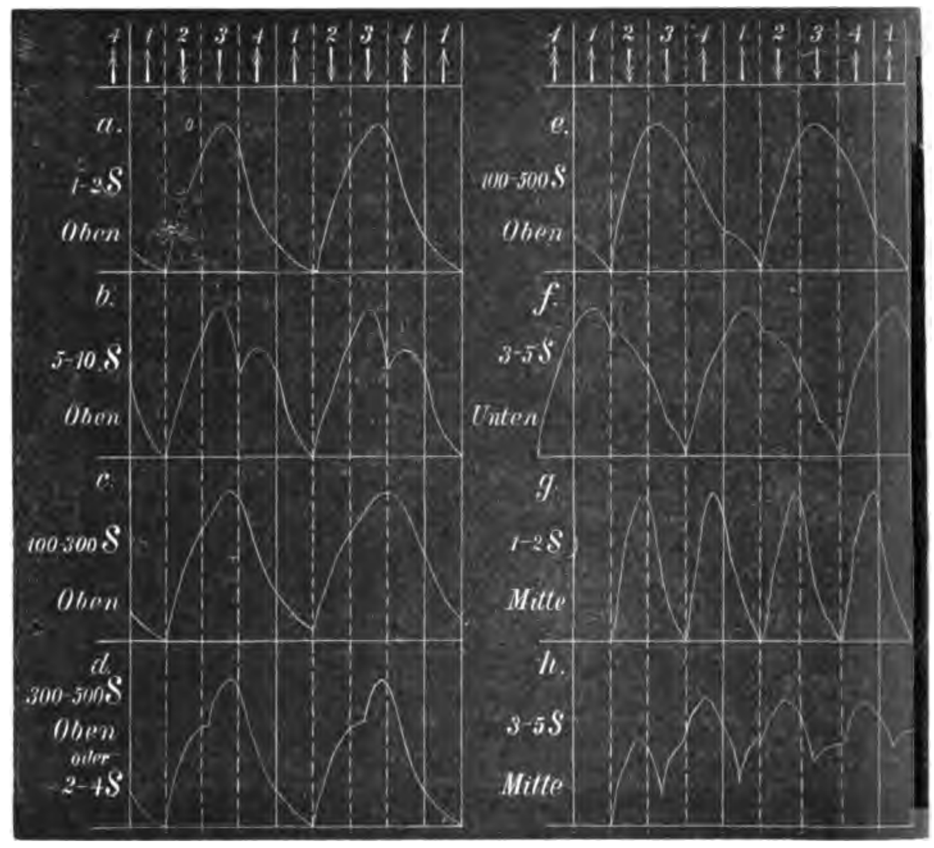
2. Bei stärkeren Strömen treten dann die ungünstig gerichteten in Wirkung. (Zwei Zuckungen bei einer Umdrehung.)

3. Bei noch stärkeren Strömen (ausnahmsweise aber auch schon früher) werden auch die langsam ansteigenden wirksam (drei oder vier Zuckungen bei einer Umdrehung.)

Es würde den Leser ermüden, wenn ich alle die verschiedenen Formen, unter denen sich die Kurven darbieten können, des Näheren erörterte. Die oben erwähnten Haupteigenschaften kehren an allen wieder und zeigen, was mir die Hauptsache war, dass dergleichen Apparate keineswegs so gleichartige Wechselströme erzeugen, wie man zunächst glauben würde. Der Uebersicht halber stelle ich noch einmal schematisch die verschiedenen Wirkungen in Figur 11 a—h zusammen.

Mit wenigen Worten will ich dann noch kurz auf einige Induktionsapparate hinweisen, die ich mir selbst angefertigt und die einige Abweichungen von dem S t ö h r e r'schen zeigten. Wie schon erwähnt ist die Fläche der Magneten verhältnissmässig gross gegenüber den Eisenkernen der Spulen. Wenn man nun aber die Polflächen verkleinert, etwa, was das Allereinfachste ist, einen stabförmigen Magnet vor einer sekundären Induktionsrolle, in welche man Eisenstäbe gesteckt hat, rotiren lässt, so sind die Induktionsströme viel kürzer, wie ohne Weiteres die elektrolytisch-graphische Methode ergiebt. Es werden

so zu sagen nur Punkte gezeichnet. Die Kurven gleichen am meisten der Figur 3c, nur sind die Strichelchen noch kürzer. Ich verwendete einen Hauy'schen Astasirungsstab, der sich in unmittelbarer Nähe vor einer sekundären Rolle drehte; diese Ströme sind stark auf der Zunge fühlbar, zeigen im Wesentlichen dieselben Gesetzlichkeiten wie die oben erwähnten. Niemals sah ich jedoch,

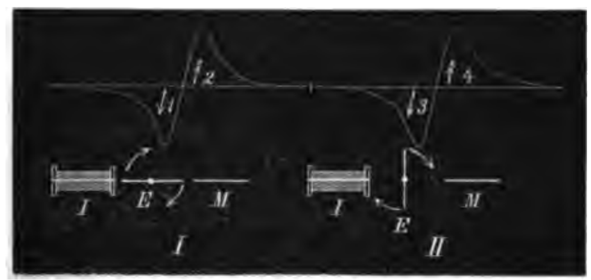


Figur 11 a—h.

dass die langsam ansteigenden hier wirksam wurden. Eine Umdrehung lieferte immer nur eine, beziehungsweise zwei Zuckungen (siehe Figur 11a, b und g).

Um nun immer nur ein paar verschieden gerichtete Ströme zu erhalten, so dass also fortwährend + und — mit einander gleichmässig abwechselte, drehte ich einen Eisenstab oder ein gleich grosses Bündel von Eisendrähten zwischen der Induktionsrolle und einem still stehenden Magneten. In gewissen Zeitmomenten also

standen in einer geraden Linie hintereinander die Längsaxe der Induktionsspirale *J*, des Eisenstabes *E* und des Magneten *M*. Nach einer Vierteldrehung des Stabes stand er senkrecht zwischen beiden (siehe Figur 12 *I* und *II*). Es wurde also fortwährend



Figur 12.

ein und derselbe Pol an der Induktionsspirale vorbeigeführt und die Kurve in der Weise verändert, wie sie vorstehend gezeichnet ist (siehe Figur 12). Wenn überhaupt (und das war eigentlich der Ausgangspunkt meiner ganzen Untersuchung), so zeigten sich hier bei jeder Umdrehung zwei Zuckungen. Die Richtung des Stromes aber war von der grössten Wichtigkeit, trotzdem man doch, wie ich zunächst glaubte, gleichartige Wechselströme vor sich hatte, indem derselbe Magnet sich mit gleicher Geschwindigkeit der Spirale näherte und von ihr entfernte. Es zeigte sich eben, dass immer nur die schnell ansteigenden Ströme wirksam waren, also im vorliegenden Falle (siehe Figur 12) die aufsteigenden ↑2 und ↑4.

Ganz die gleiche Erscheinung kann man beobachten, wenn man statt des rotirenden Eisenstabes ein rotirendes eisernes Rad mit Zähnen anwendet. Es giebt dergleichen kleine Elektromotoren, die vielfach als eine Art Spielzeug verbreitet, ein kleines Eisenrad mit 10 Zähnen haben, welches sich vor einem Elektromagneten mit grosser Geschwindigkeit dreht, sobald der Strom geschlossen wird. Indem der Elektromagnet durch kurz dauernden Stromschluss immer in bestimmten Momenten wirksam wird und den sich nähernden Zahn anzieht, geräth das Rad in schnelle Drehung.

Einen derartigen kleinen Apparat kann man sehr gut zur Tetanisirung von Muskeln verwenden. Man hat nur einen Magnetstab an den Eisenkern des Elektromagneten anzulegen und dem Rade eine sekundäre Induktionsspirale mit Eisenkern gegenüberzustellen. Dreht man dann das Rad mit der Hand, so werden in

rascher Folge Ströme inducirt ganz ähnlich wie im vorigen Falle. Legt man nun die Elektroden an den Nerven an die Nähe seines Querschnittes an, so sieht man, dass die so entstehenden Wechselströme keineswegs physiologisch gleichwerthig sind; denn Umkehrung des Stromes schwächt oder verstärkt (je nachdem) in hohem Maasse seine Wirkung.

Stellte ich schliesslich den Versuch mit einer magnetisirten Stimmgabel an, die angeschlagen einer Induktionsrolle mit Kern gegenübergestellt wird, so konnte ich wenigstens nicht einen derartigen Unterschied in der Wirkung der Stromrichtung nachweisen, möglich dass sowohl die Stromfolge eine zu schnelle war, als auch dass durch die Art der Annäherung des schwingenden Magneten, die ja mit verlangsamter Geschwindigkeit stattfindet, die Stromschwankungen selbst anders ausfallen mussten, als bei einem mit gleicher Geschwindigkeit sich drehenden Zahnrade. Ich bin augenblicklich damit beschäftigt, einen Apparat herzustellen, der mit Sicherheit immer nur physiologisch vollständig gleichwerthige Wechselströme liefert.

Ich hatte bei diesen Versuchen vielfach Gelegenheit, Summationen von Reizen zu beobachten. Die Summation vollzieht sich in der Mehrzahl der Fälle nach den Gesetzen, wie sie für sogenannte submaximale Reize festgestellt worden sind und die von mir erhaltenen Kurven gleichen mitunter vollständig denjenigen, die seiner Zeit v. Fleischl und kürzlich Fuhr[1]) mit dem Rheonom erhalten hat. Nebenbei bemerkt, bin ich übrigens betreffs der stumpfen Kurvengipfel derselben Anschauung wie Fuhr. Es scheint mir sicher, dass sie nicht durch einen einzigen, langsam (linear) ansteigenden Reiz, sondern durch mehrere Reize erzeugt werden, dass sie also immer mehr oder weniger kurze Tetani, aber keine einfachen Zuckungen darstellen. Auch mit einem dem Rheonom von v. Fleischl sehr ähnlichen Apparat erhielt ich ganz die gleichen Kurven wie Fuhr. Ich habe desshalb, als die Arbeit von Fuhr erschien, die Sache nicht weiter verfolgt.

---

1) Dieses Archiv, Bd. 38, S. 313, 1886.

Sehr leicht kann man den submaximalen Tetanus auch vermittelst der Induktionsströme eines Wagner'schen Hammers mit Helmholtz'scher Einrichtung erzeugen und dann in den maximalen überführen. Obwohl nach dieser Richtung hin vielfache Versuche vorliegen, so möchte ich doch die hier zu beobachtenden Uebergänge, die man in der gleichen Weise auch mit dem Fleischl'schen Rheonom erhalten kann, wie Fuhr gezeigt hat, kurz beschreiben. Sind die Ströme schwach und die Zahl der Reize in der Zeiteinheit mässig (10—12 in der Sekunde), so sieht man zunächst eine Kurve ähnlich derjenigen in Figur 13. Die Einschnitte gehen jedesmal tief hinunter, wenn auch nicht so tief, dass der Muskel bei mässiger Spannung seine völlige Länge in der Ruhe annimmt. Die Spitzen der einzelnen Zacken liegen in einer Horizontalen oder erheben sich, wie im vorliegenden Fall, selbst nach langer Dauer des Tetanus nur wenig über dieselbe. Eine einzige maximale Zuckung kann den Muskel viel mehr verkürzen, als er in diesem unvollkommenen Tetanus verkürzt wird.



Figur 13.

Figur 14.

Verstärkt man die Ströme durch Heranschieben der sekundären Spirale an die primäre, so werden die anfänglich tiefen Einschnitte

immer weniger tief, die Zacken immer flacher. Die ganze Kurve hat aber mit Ausnahme ihres ansteigenden Theiles einen nahezu horizontalen Verlauf, wie ja auch v. Fleischl erwähnt (siehe Figur 14). Verstärkt man die Ströme noch weiter, dann sind die Zacken der Kurve von vornherein sehr geringfügig und verschwinden, indem die Kurve gleich von vornherein steiler ansteigt und sich dann weiterhin allmählich noch mehr von der Abscisse entfernt, gewöhnlich vollständig (siehe Figur 15 und 16).



Figur 15.



Figur 16.

Es ist hier der Ort, an die interessanten Untersuchungen von Bohr[1]) über die Gestalt der Tetanuskurven zu erinnern. Er fand, dass der Anstieg der Tetanuskurve in einer gleichseitigen Hyperbel erfolgt (zuerst also schnell, dann immer langsamer), und dass weiterhin, wenn die sogenannte Kontraktur hinzukommt, das Ansteigen der Kurve ein gleichmässiges, der Zeit nahezu proportionales wird. Tritt die Kontraktur sehr zeitig auf, so addiren sich jene beiden Kurven und die aus ihnen resultirende Kurve verläuft späterhin der Abscisse nicht parallel, sondern steigt in ihrem weiteren Verlauf fortwährend und gleichmässig in die Höhe.

---

1) Archiv für Physiol. von Du Bois-Reymond 1882, S. 233.

Auch ein Grösserwerden einzelner Zuckungen nach durchaus gleichem Gesetz fand unter v. Frey's Leitung Buckmaster[1]), indem er stets gleiche Reize in gleichen Zwischenräumen auf den Muskel einwirken liess. Er nennt dieses Grösserwerden der einzelnen Zuckungen, welche wie die Ordinaten einer gleichseitigen Hyperbel zunehmen, die „Treppe". Es ist auch nicht unwahrscheinlich, dass in Folge immer grösserer, zeitlich gleich abstehender Reize, die Zunahme der Zuckungen nach ähnlichem Gesetz erfolgt. Auch das Ansteigen der Kurve zu einem unvollkommenen Tetanus geschieht, wie Figur 14 zeigt und wie ich aus mehreren Kurven ausgerechnet habe, nahezu in einer Hyperbel. Man hat natürlich dann den mittleren Zug der Kurve zu nehmen.

Weiterhin haben v. Kries[2]) und namentlich v. Frey[3]) festgestellt, dass während bekanntlich im vollkommenen Tetanus der Muskel sich bedeutend mehr zusammenzieht, als bei einer einfachen Zuckung, man durch Unterstützung des Muskels denselben auch in Folge eines einmaligen Reizes zu eben demselben Grade der Zusammenziehung bringen kann. Der unterstützte Muskel zieht sich bei einer einfachen Zuckung ebenso bedeutend zusammen, wie im stärksten Tetanus der nicht unterstützte. Es macht also den Eindruck, als wenn der Muskel im vollkommenen Tetanus sich desshalb so bedeutend zusammenzieht, weil er sich gewissermaassen selbst in sich unterstützt und trägt.

Wie kann man sich nun alle diese Verhältnisse erklären? Worin namentlich — denn das ist die Hauptsache — unterscheidet sich eine schwache Zuckung von einer starken, ein unvollkommener (submaximaler) Tetanus von einem vollkommenen (maximalen)? In welcher Art vollzieht sich die zuerst von Helmholtz studirte Summation der Reize? Die gewöhnliche Auffassung geht, wie es mir scheint, dahin, dass ein und dieselbe Muskelfaser sich in Folge verschieden grosser Reize verschieden stark zusammenziehen kann und dass ein ganzer Muskel bei schwacher Reizung desshalb schwach zuckt und eine geringere Kraft entfaltet, weil alle seine Fasern schwächer arbeiten, andererseits dann stark ar-

1) Ebenda 1886, S. 459.

2) Ebenda 1886, S. 348.

3) Ebenda 1887, S. 195 und Festschrift zu C. Ludwig's 70. Geburtstag, 1887, S. 61.

beitet, wenn alle seine Fasern stark arbeiten und sich bedeutender zusammenziehen. Obwohl ich ebenso wenig, wie irgend jemand anders, beweisen kann, dass eine und dieselbe Muskelfaser bei verschieden starken Reizen sich verschieden stark zusammenzieht (was an und für sich ja nicht unwahrscheinlich ist), so glaube ich doch, dass die verschieden starken Zuckungen eines ganzen Muskels in Folge verschiedener Reize nicht ganz, ja vielleicht nicht einmal der Hauptsache nach hierauf beruhen. Ich bin vielmehr der Ansicht, dass eine schwache Zuckung beziehungsweise ein schwacher Tetanus derjenige ist, bei dem wenig Fasern, ein starker dagegen derjenige, bei dem viele oder alle Fasern des Muskels sich zusammenziehen. Ein Muskel ist eben durchaus keine physiologische Einheit, er ist eine Mischung von einer grossen Menge von mindestens zwei, vielleicht von noch mehr physiologisch verschiedenen Elementen, die, wenn ich ein Bild gebrauchen darf, ebensowenig alle zu gleicher Zeit und alle gleich schwach in Aktion gerathen, wie jeder Mann eines ganzen Armeekorps, welches nur eine kleine strategische Aufgabe zu lösen hat, an dem Gefechte in geringem Maasse Theil nimmt. Hier wie dort werden, wenn eine geringe Arbeit zu leisten, nur wenig Elemente zur Thätigkeit herangezogen, die andern ruhen.

Es fragt sich nun, ob man dies für den Muskel beweisen kann, ob also für einen einzigen Muskel dasselbe gilt, wie für eine ganze Gruppe von Muskeln. Denn bekanntlich ziehen sich, wenn ich den Ischiadicus eines Frosches mit schwachen Strömen reize, nicht alle Muskeln des Beines gleich schwach zusammen, sondern ein Theil macht schon ganz ausgiebige Bewegungen, während andere noch vollkommen ruhen. Nun so wie die Gestalt des gesammten Beines eine verschiedene ist, je nachdem ich schwach oder stark reize (am besten tetanisire), es in dem einen Falle mehr gebeugt, im andern mehr gestreckt ist, so gilt dies auch für den einzelnen Muskel. Freilich reichen die gewöhnlichen Methoden dazu nicht aus, namentlich nicht, wenn man den Muskel mit Gewichten beschwert und etwa seine Kurven aufschreiben lässt. Versenkt man aber den Muskel in physiologische Kochsalzlösung, in welcher er fast nichts wiegt und tetanisirt dann einmal schwach, das andere mal stark, so sieht man, dass der Muskel sich ganz verschieden verhält und bewegt. Reizen wir z. B. vom Nerven aus den Wadenmuskel eines Frosches mit schwachen Strömen, so zuckt

der Muskel blitzartig zusammen, die Achillessehne steigt bei der Tetanisirung in die Höhe und ein wenig seitwärts. Reizen wir stark, so hebt er sich wesentlich nach hinten und zwar in bedeutendem Grade. Sitzt man gerade zweckmässig vor dem Muskel, so bewegt er sich einmal, wie es scheint, ganz nach rechts, im andern Fall ganz nach links. Das ist nicht anders zu erklären, als dass eben in dem Muskel je nach der Art der Reizung verschiedene Antheile desselben in Thätigkeit gerathen.

Aehnliche Beobachtungen kann man an verschiedenen Muskeln anstellen. Man hat sie eben nur in die genannte Flüssigkeit zu versenken und passend aufzuhängen. Hiernach ist für mich die Summation der Reize nicht sowohl oder wenigstens nicht wesentlich eine erhöhte Thätigkeit derselben Elemente, als vielmehr eine Ausbreitung der Erregung auf andere, neue Elemente. Je weiter diese Ausbreitung um sich greift, um so bedeutender werden die Leistungen des Muskels und diese Leistungen erreichen ihren Höhepunkt, wenn, wie beim vollkommenen Tetanus, die letzten vortrefflichen Reserven ins Gefecht einrücken, wenn sich alle rothen Muskelantheile an der Zusammenziehung betheiligen, was, nebenbei bemerkt, unter physiologischen Verhältnissen sicherlich nie stattfindet[1]). Dann giebt es die bedeutende Verkürzung, die starke Spannung und die gleichmässige, tonische Zusammenziehung. Das Zittern hat aufgehört. Namentlich diesen letzten Akt, das Theilnehmen ganz neuer Elemente an der Aktion kann man auch sehr gut an den in physiologischem Wasser aufgehängten Muskeln beobachten. Die Zusammenziehung nimmt plötzlich von einer bestimmten Reizstärke an ungemein stark zu und es entsteht mitunter an der oder jener Stelle des Muskels ein ausgebreiteter Wulst. Zugleich behält der Muskel dann mehr oder weniger seine wulstige Gestalt bei und dehnt sich, wenn der Reiz aufhört, nicht mehr so vollkommen aus wie früher. Dabei kann er aber noch, wenn die Zusammenziehung nicht einen zu hohen Grad erreicht hat, einzelne Zuckungen ausführen.

v. Kries[2]) hat die beachtenswerthe Beobachtung gemacht, dass wenn zwei oder mehr schwache Reize hintereinander einen

---

1) Die Starre der Hypnotisirten und Hysterischen oder die mit heftigen Schmerzen begleiteten Muskelkrämpfe mögen derartige Zustände sein.

2) Berichte der naturforsch. Gesellsch. zu Freiburg in B. Bd. 2, 1886.

Muskel treffen und sich, wie man sich ausdrückt, summiren, der Anstieg der zweiten Zuckung, die sich auf die erste aufsetzt, viel kürzer dauert, als dies bei einer Einzelzuckung der Fall ist. Dasselbe geschieht auch, wie v. Frey hervorhebt, bei den sogenannten unterstützten Zuckungen. Nach alledem komme ich zu der Anschauung, dass die innere Unterstützung des Muskels durch seine rothen Antheile sich vollzieht. Diese halten ihn ruhig in einer bestimmten, mittleren Länge fest, die natürlich um so kleiner wird, je mehr sich rothe Fasern betheiligen. Trifft jetzt den so verkürzten Muskel ein passender, namentlich nicht zu starker Reiz, so zucken wesentlich seine leicht erregbaren weissen Antheile. Diese zweite aufgesetzte Zuckung muss also schneller erfolgen, wie v. Kries thatsächlich gefunden. Je stärker aber der Reiz ist, um so mehr gerathen wieder die träger arbeitenden Antheile in Thätigkeit, um so eher verschwindet die Discontinuität, um so höher erhebt sich auch die Tetanuskurve.

So versteht sich auch einfach die leicht zu beobachtende Thatsache, dass man mit einem schon verkürzten und zwar ruhig und gleichmässig verkürzten Muskel noch Zuckungen ausführen kann, wie dies ja bei einer grossen Menge von Hantirungen nothwendig ist.

Hiernach bleibt also ein Tetanus so lange zitternd und unstät, als sich auf die Zusammenziehungen der rothen Muskelantheile noch die Zuckungen der weissen aufsetzen können. Haben sich aber die rothen bis auf ihren Höhepunkt verkürzt, dann ist der Muskel im Ganzen so kurz, dass die zupfenden Bewegungen der weissen Muskeln kaum noch oder gar nicht mehr eine Discontinuität in der Bewegung, ein Zittern erzeugen, gerade so wenig wie wenn zwei feste Punkte durch zwei elastische Stränge, einen sehr stark und einen sehr schwach gespannten, verknüpft sind, geringfügige Aenderungen in dem Spannungszustande des wenig gespannten ein Erzittern des Systems hervorbringen oder hervorzubringen brauchen. In wie weit nun die verschiedenen Spannungszustände des Muskels einen Einfluss ausüben auf die Arbeitsvertheilung seiner verschiedenen Elemente, darüber gedenke ich nächstens einige Mittheilungen zu machen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 und 2. Die vier Ströme bei einer Umdrehung der Spulen der Stöhrer'schen Maschine.

Fig. 3a—c. Ihre elektrolytisch-graphische Curve.

Fig. 4a bis Fig. 10 und Fig. 13—16 eine Reihe Tetanuskurven. In den horizontalen Linien unter den Curven 4a, 4b, 5a, 5b, 6, 7, 7b, 9, 10 bezeichnen die kleinen Zacken immer die Nullstellung der Spulen. In Fig. 7, 8a, 8b ist auf der Abcisse nach dem Versuche nur die Dauer einer Umdrehung angegeben. Die eingeschriebenen Zahlen bezeichnen die Grösse des Widerstandes in der Nebenschliessung, das Vorzeichen die verschiedene Richtung der Ströme, wie im Text angegeben. In Fig. 10 sind die Umdrehungsmarken eine Spur zu weit nach links gerathen.

Fig. 11 zeigt die verschiedenen Ströme der Maschine und die durch sie hervorgerufenen Zuckungen. Oben bedeutet Lage der Elektroden oben, nahe dem Querschnitte. Mitte, unten entsprechend. Ausserdem bezeichnet 1—2, 3 u. s. w. die Grösse des Widerstandes in der Nebenschliessung, ausgedrückt in Siemens.

Fig. 12. Ein Magnetinduktionsapparat mit den von ihm gelieferten Stromschwankungen.

Fig. 13. Ein unvollkommener Tetanus. Bei ab ist die Curve unterbrochen der Raumersparniss halber. Die Marken darunter bezeichnen Sekunden. Dasselbe gilt von den Figg. 14—16.

Ein neues Myographion.

Von

Dr. **P. Grützner** (Tübingen).

Hierzu Tafel II, Figur 1 bis 4.

Es ist allgemein bekannt, dass man den schnellen Ablauf einer Muskelzuckung nicht richtig wiedergeben kann, wenn man an den Muskel ein Gewicht befestigt. Durch die schnelle Bewe-

gung des Gewichtes wird dieses geschleudert; es fliegt weiter, als der Muskel es zieht und man erhält mehr eine Wurfkurve, als eine Muskelkurve. Dieser Uebelstand wird auch dadurch nicht vollkommen beseitigt (wenn auch bedeutend vermindert), dass man die Last nicht unmittelbar an den Muskel anhängt, sondern eine entsprechend grössere Last näher an dem Drehpunkt des Hebels befestigt, als der Muskel angreift. Da die Bewegung der Massen dann nur eine geringfügige ist, so können sie natürlich keine oder wenigstens keine nennenswerthe Beschleunigung erlangen. Fick hat bekanntlich diesen Kunstgriff angewendet, der dann von verschiedenen Seiten Nachahmung fand. Soweit meine Erfahrungen reichen, sind aber auch derartige Apparate nicht geeignet, kleine Spannungsunterschiede während einer Zuckung nachzuweisen. Die Trägheit der Massen macht sich immer noch bemerkbar.

Nahezu frei von diesem Fehler, aber freilich dafür mit einem andern behaftet sind diejenigen Myographien, bei denen der Muskel nicht ein Gewicht zu heben, sondern eine Feder zu spannen hat. Marcy, Place, Brücke und Andere[1]) haben sich dieses Verfahrens bedient. Es ist aber hervorzuheben, dass man bei derartiger Verwendung einer Feder, die der Muskel zu dehnen hat, nicht sogenannte isotonische Kurven im Sinne Fick's erhält; denn mit der Verlängerung der Feder durch den Muskel nimmt natürlich ihre Spannung zu. Es wird hierbei gewissermaassen ein immer grösseres Gewicht an den Muskel angehängt und Fick[2]) äussert sich in seinen lichtvollen Auseinandersetzungen über die Bestimmung der Muskelarbeit und die dazu nöthigen Apparate dahin, dass man komplicirte Vorrichtungen verwenden müsse, um unter genannten Bedingungen die Spannung der Feder konstant zu erhalten.

Da es mir daran lag, Muskelkurven zu zeichnen, die eine genaue Wiedergabe der Muskelzusammenziehung bei stets gleicher Spannung des Muskels darstellen sollten, so machte ich mich an die Aufgabe und löste sie, wie ich glaube, in zufriedenstellender

---

1) Siehe die Litteratur hierüber in Hermann's Handbuch, Bd. 1, Thl. 1, S. 36.

2) Medicinische Physik, Braunschweig 1885, S. 53.

Weise folgendermaassen. Sei AB in Figur 1 der Hebel, welcher entsprechend über B hinaus verlängert, die Zeichenspitze Z trägt, A sein Drehpunkt, B die Stelle, an welche mit einem ausreichend langen und unnachgiebigen Faden der Muskel M befestigt ist, BC endlich die zu dehnende Feder (etwa ein Kautschukband), so sieht man ohne Weiteres ein, dass wenn AB einen Kreisbogen um A nach oben beschreibt und dadurch der Reihe nach in die Lagen AB, AB_1, AB_2, AB_3 übergeht, die Feder schnell und ausgiebig gedehnt wird. Ihre Längen nehmen zu wie die Linien CB, CB_1, CB_2, CB_3 und ihre spannenden Kräfte, die sie auf den Muskel ausübt, in ähnlichem Sinne, jedenfalls also in kurzer Zeit sehr bedeutend. Die Zunahme der Spannungen wird natürlich im Ganzen um so geringfügiger sein, je kleiner die Dehnungen der Feder im Verhältniss zu ihrer ursprünglichen Länge sind, je tiefer also C liegt, vorausgesetzt natürlich, dass es sich um ein und dieselbe, nur verschieden lange Feder handelt.

Wird dagegen jetzt der Befestigungspunkt der Feder nicht genau unter B, sondern etwa unter A in D angebracht, so zeigt sich ohne Weiteres, dass bei derselben Verkürzung des Muskels und der Stellung des Hebels AB_1 sich die Feder BD nur um das Stück B_1F gedehnt hat, während es sich vorher um das weit grössere Stück B_1E dehnen musste. Weiterhin würde die Feder gedehnt in dem einen (ersten) Falle um B_2E_1, B_3E_2, im andern um B_2F_1, B_3F_2. Schon das ist von Vortheil. Hierzu kommt nun aber noch Folgendes. Man übersieht leicht, dass wenn wir der Einfachheit halber den Muskelzug als senkrecht nach oben gehend annehmen, die spannende Kraft der Feder auf den Muskel bei dessen Zusammenziehung immer kleiner und kleiner wird, weil der Winkel, unter welchem sich die Feder an den Hebel ansetzt ($\sphericalangle ABD$, AB_1D, AB_2D, AB_3D) immer spitzer wird und schliesslich gleich Null würde, wenn die Zugrichtung der Feder mit dem Radius zusammenfiele. Wenn es also gelingt einzurichten, d a s s i n d e m s e l b e n M a a s s e, i n w e l c h e m d e r Z u g d e r F e d e r z u n i m m t, s e i n e W i r k u n g a u f d e n M u s k e l w e g e n i m m e r u n g ü n s t i g e r w e r d e n d e r K r a f t r i c h t u n g a b n i m m t, s o i s t d i e A u f g a b e g e l ö s t.

Fasst man die Aufgabe rein theoretisch an und bestimmt durch Rechnung, unter welchen Bedingungen diese Forderung ganz oder wenigstens nahezu erfüllt ist, so ergiebt sich eine Formel, die

sich nicht gerade zur Diskussion, wohl aber zur Berechnung bestimmter Werthe gut eignet[1]).

Stellt man sich aber, wie ich es gethan habe, die Verhältnisse durch Konstruktion dar und sucht auf Grund praktischer Erfahrungen den wahrscheinlichsten Fall heraus, so ergiebt sich Folgendes. Sei A in Figur 2 wiederum der Drehpunkt des Hebels AB; SD die Feder in ihrem ungedehnten Zustande, BD dieselbe in ihrer Anfangsstellung, in welcher sie also schon um das Stück BS (das ist um etwas mehr als die Hälfte) gedehnt worden ist. DB, DB_1, DB_2 . . . DB_6 sind dann ihre bezüglichen Lagen und Längen bei den Hebelstellungen AB, AB_1 . . . AB_6. Es wachsen sonach die Verlängerungen der Feder von ihrem ungedehnten Zustande DS aus, wie die Linien SB, b_1B_1, b_2B_2 . . . . b_6B_6 und wenn wir diese ihre Verlängerungen proportional ihren Spannungen setzen können, letztere natürlich ebenso. Durch eine Kurve, bezogen auf rechtwinklige Coordinaten, stellt sich dieses ihr Wachsthum dar in der Linie $Sb_1\ b_2 \ldots b_6$ in Figur 3, wobei x_0S (in

---

1) Herr College Brill hatte die grosse Liebenswürdigkeit, diese Rechnungen auszuführen. Bezeichnet man in Fig. 2 den Radius AB mit 1, AD mit m (wobei m eine unbenannte Zahl, ein beliebiges Vielfaches von AB ist), Winkel CAD mit β, den Winkel, den der Hebel mit der Horizontalen macht mit φ, ferner mit δ die Verlängerung der ungedehnten Feder, dividirt durch die Länge der gedehnten Feder, im vorliegenden Fall BS/BD, schliesslich die Spannung, die der Muskel senkrecht nach oben ausübt im Punkt B mit x, diejenige, die er im Punkt B_1 ausübt mit x_1 so erhält man die Formel

$$\frac{x_1}{x} = \left[1 - \cot\ \beta\ \ \text{tang}\ \varphi\right] \cdot \left[1 + \frac{1-\delta}{\delta}\left(1 - \sqrt{\frac{1+\frac{2m}{1+m^2}\cos\ \beta}{1+\frac{2m}{1+m^2}\cos\ (\beta-\varphi)}}\right.\right]$$

Also einen Ausdruck von der Form $= (1\ \ \varrho)\left(1 + \frac{1-\delta}{\delta}\sigma\right)$

Man gewinnt die Formel durch einfache Aufstellung der trigonometrischen Beziehungen zwischen den in der Figur auftretenden Längen und Winkeln, unter der Annahme, dass der Zug des Muskels senkrecht nach oben bleibt und die Spannungen der Feder proportional sind ihren Verlängerungen von ihrem ungedehnten Zustand aus. Sobald die rechte Seite der Gleichung $= 1$ wird für verschiedene Werthe von φ, dann ist der Bedingung genügt und der Zug der Feder an dem Muskel eine konstante Grösse ($x = x_1$ u. s. w.).

Figur 3) $= SB$ (in Figur 2), $1 b_1$ (in Figur 3) $= B_1 b_1$ (in Figur 2), $2 b_2 = B_2 b_2 \ldots 6 b_6 = B_6 b_6$.

Sei nun ferner der Muskel ausreichend hoch über B befestigt, so sind seine Zugrichtungen als einander parallel und senkrecht auf AB anzusehen und werden dargestellt durch die mit Pfeilspitzen versehenen Linien BM, $B_1 M_1$, $B_2 M_2 \ldots B_6 M_6$. Die Aufgabe ist nun, dass diesen in ihrer Kraft gleichen (oder gleich gedachten) Zügen stets gleiche und gleich gerichtete Züge entgegenwirken, also Kräfte, die durch die ebenfalls mit Pfeilspitzen versehenen Linien Bm, $Bm_1 \ldots B_6 m_6$ dargestellt sind. Soll aber die Feder BD einen Zug in B gleich Bm ausüben, so muss ihre Spannung nach dem Parallelogramm der Kräfte $= BS$ sein. Weiter, damit die Feder B_1D den Zug $B_1 m_1$ $(= Bm)$ ausübt, muss ihre Spannung $= B_1 S_1$ sein und so fort. Mit einem Worte, wollen wir, dass unter den gestellten Bedingungen ein stets gleicher Zug auf den Muskel nach abwärts stattfindet, der Muskel bei seiner Verkürzung also stets gleich stark gespannt wird, so müssen die Spannungen der Feder ansteigen wie die Linien BS, $B_1 S_1$, $B_2 S_2 \ldots B_6 S_6$ oder wie die Ordinaten der Kurve $SS_1 S_2 \ldots S_6$ in Figur 3, in welcher $x_0 S = BS$, $1 S_1 = B_1 S_1$, $2 S_2 = B_2 S_2 \ldots 6 S_6 = B_6 S_6$ ist.

In Wirklichkeit steigen sie aber an (wie oben gezeigt) wie die Ordinaten der Kurve $S b_1 b_2 \ldots b_6$, also wie man sieht nicht rasch genug. Die den Muskel abwärts ziehenden Spannungen werden also immer kleiner, je mehr sich der Muskel zusammenzieht. Es wird gewissermaassen ein immer kleineres Gewicht an ihn angehängt, je mehr er sich verkürzt.

Rücken wir jetzt den Punkt D nach δ und lassen sonst Alles beim Alten (DB also $= \delta B$, $B\sigma = BS$), so ergeben sich folgende Verhältnisse. Die Spannungen der Feder würden wachsen wie die Linien $B\sigma$, $B_1 \beta_1$, $B_2 \beta_2 \ldots B_6 \beta_6$. Damit der Muskel aber stets mit der gleichen Kraft abwärts gezogen würde, müssten sie wachsen wie $B\sigma$, $B_1 \sigma_1$, $B_2 \sigma_2 \ldots B_6 \sigma_6$. Ohne Weiteres sieht man, dass jetzt der Muskel, da die wirklichen Federspannungen alle grösser sind, als sie bei konstanter Spannung des Muskels sein sollten ($B_1 \beta_1 > B_1 \sigma_1$, $B_2 \beta_2 > B_2 \sigma_2 \ldots B_6 \beta_6 > B_6 \sigma_6$), immer stärker gespannt wird, je mehr er sich zusammenzieht. Wir haben also jetzt das Umgekehrte von dem ersten Fall, wie es auch in den mit griechischen Buchstaben bezeichneten Kurven der Figur 3 deutlich zu Tage tritt. Die Kurve $\sigma \beta_1 \beta_2 \ldots \beta_6$, deren Ordinaten

$\xi\sigma$, $I\beta_1$, $II\beta_2$ . . . $VI\beta_6$ bezüglich gleich sind den Linien $B\sigma$, $B_1\beta_1$, $B_2\beta_2$ . . . $B_6\beta_6$ liegt andauernd über der Kurve $\sigma\sigma_1\sigma_2$ . . . . σ_6, welche die Zunahme der für konstante Muskelspannung nothwendigen Federspannungen in ihren Ordinaten darstellt ($\xi\sigma$, $I\sigma_1$, $II\sigma_2$ . . . . $VI\sigma_6$ bezüglich $= B\sigma$, $B_1\sigma_1$, $B_2\sigma_2$ . . . $B_6\sigma_6$).

Giebt es nun Verhältnisse und Bedingungen, unter denen die wirkliche und die gesuchte Spannungskurve miteinander, wenn auch nur auf eine bestimmte Strecke, vollkommen zusammenfallen? Rückten wir z. B. den unteren Befestigungspunkt der Feder von δ ein wenig weiter nach rechts, so erhielten wir einen Zustand, der den geforderten Bedingungen genügte. In ihrem mittleren Verlauf (aber nicht an ihrem Anfang und nicht an ihrem Ende) fielen die beiden Kurven zusammen.

Bei Weitem am besten aber gestalten sich für uns die Verhältnisse, wenn wir anstatt der Feder DS, die etwas längere Feder Ds einsetzen und ihr keine so bedeutende Anfangsspannung ertheilen, sondern sie um etwas weniger als ihre Hälfte dehnen. Die Konstruktion zeigt alsdann, dass wenn der Hebel AB sich bis AB_3 emporhebt, der von der Horizontalen und dem Hebel eingeschlossene Winkel also von 0^0 bis 15^0 wächst ($\sphericalangle BAB_3 = 15^0$), die verlangten Spannungen gleich sind den wirklich erreichten, dass mithin der Muskel innerhalb dieser Grenzen mit stets gleicher Kraft während seiner Verkürzung gespannt wird. Ja wenn AB_3 sich noch um 5^0 weiter dreht ($\sphericalangle BAB_4 = 20^0$), so ist die Abweichung der beiden Kurven von einander noch äusserst gering. Die Spannung des Muskels durch die Feder ist nur ein wenig zu klein (s. Fig. 2 u. Fig. 3 die Curven $ss_1s_2 \ldots s_6$ u. $bb_1b_2 \ldots b_6$).

Rechnet man nach obiger Formel die Werthe für $\frac{x_1}{x}$ au Grund der eben dargestellten Verhältnisse aus (das heisst $B = 1$, $AD = 1{,}5$ $\sphericalangle CAD = 60^0 40'$, $\delta = \frac{sB}{DB} = 0{,}28$), so erhält man, wenn der Hebel AB mit der Horizontalen den Winkel von 0^0 ($\varphi = 0^0$) macht; $\frac{x_1}{x} = 1{,}000$

$$\text{für } \varphi = 3^0;\ \frac{x_1}{x} = 1{,}004$$

$$\text{„ } \varphi = 5^0;\ \frac{x_1}{x} = 1{,}005$$

$$\text{für } \varphi = 8^0;\ \frac{x_1}{x} = 1{,}003$$

$$\text{„ } \varphi = 10^0;\ \frac{x_1}{x} = 1{,}000$$

$$\text{„ } \varphi = 12^0;\ \frac{x_1}{x} = 0{,}995$$

$$\text{„ } \varphi = 15^0;\ \frac{x_1}{x} = 0{,}985$$

$$\text{„ } \varphi = 20^0;\ \frac{x_1}{x} = 0{,}980.$$

Theoretisch wäre hiermit unsere Aufgabe gelöst. Wie steht es nun in der Praxis? Nun, da machen sich die Sachen viel einfacher, als in der Theorie und ich selbst habe, wie leicht begreiflich, nachdem ich mir die Lösung des Problems (siehe Seite 283) als wahrscheinlich und möglich klar gemacht, sofort den Weg der Praxis betreten. Es gelingt nämlich äusserst leicht zu zeigen, dass unter oben geschilderten Bedingungen thatsächlich eine Feder einen stets gleichen Zug nach abwärts ausübt. Zu diesem Zwecke ersetzte ich die Schnur, an der sonst mit einem Häkchen der Muskel befestigt ist, durch eine andere, welche über eine feste Rolle geführt wurde. Die Rolle sass dort, wo sonst die Zange den Knochen des Muskels fasst. Die Schnur war also in *B* befestigt, ging über die Rolle und trug an ihrem freien, herabhängenden Ende ein Gewicht, welches dem Zuge der Feder entgegenwirkte. Innerhalb viel weiterer Grenzen, als die Konstruktion oder Rechnung es angaben, blieb nur der in Stahlspitzen, mit äusserst geringer Reibung laufende Hebel bei passender Belastung in jeder beliebigen Lage stehen; Gewicht und Feder hielten sich also vollkommen das Gleichgewicht. Vergrösserte man das Gewicht nur ein wenig, so schnappte der Hebel nach oben um; verkleinerte man es, so schnellte er, wenn erhoben, nach unten. Dasselbe trat natürlich ein, wenn man den Hebel zu hoch hob und dadurch dem Gewicht oder bei stark gespannter Feder zu tief senkte und dadurch der Feder zum Siege verhalf. Aber innerhalb viel weiterer Grenzen, als man es zur Zeichnung von Muskelkurven braucht, kann man den Zug der Feder, den diese auf den Muskel ausübt, konstant erhalten. Aus den unten auseinander zu setzenden Ausmaassen meines Myographions geht nämlich hervor, dass wenn sich

ein Wadenmuskel eines mittleren Frosches im stärksten Tetanus zusammenzog, er den Hebel AB noch nicht um 15° drehte. Bis zu 20° ist aber der Zug der Feder auf den Muskel als eine konstante Grösse anzusehen. Das kommt auch daher, weil der Muskel nicht unendlich hoch über B hängt, sondern nur einige Hebellängen. Die Zugrichtung des Muskels ändert sich also ein wenig mit seiner Verkürzung. Der Zug selbst wird schwächer. Wir haben also auch praktisch unsere Aufgabe gelöst und sind durch eine äusserst einfache Vorrichtung in den Stand gesetzt, vermittelst einer Feder einen Zug von stets gleichbleibender Grösse auf einen sich verkürzenden Muskel auszuüben.

Das von mir angewendete Myographion, welches von Herrn E. Albrecht, Mechaniker hierselbst, in musterhafter Weise ausgeführt wurde, ist folgendermaassen zusammengesetzt, wie es die auf die Hälfte verkleinerte schematische Figur 4 zeigt. Eine feuchte Kammer GKK_1G_1, gleich der im Pflüger'schen Myographion, ruht auf der messingenen Grundplatte GG_1 und ist an einem Stabe SS_1 in verschiedener Höhe zu befestigen. Auf der Grundplatte steht in der Nähe des Stabes innerhalb der Kammer ein Messingstäbchen, an welches die Elektroden und die Muskelklemme angeschraubt werden können (in der Figur 4 nicht gezeichnet). Unterhalb der Grundplatte ist ein Messingstab AB befestigt, der zunächst ein rechtwinklig gebogenes Messingstück CDE trägt. Dasselbe ist mit der Schraube D an AB so befestigt, dass er sich zwar heben und senken, aber nicht um AB drehen lässt. AB hat nämlich eine von oben nach unten gehende Nuth, in welche die Spitze der Schraube D sich einsetzt. Das Stück CDE endet ferner, was in der Zeichnung nicht hervortritt, in einer Gabel, welche die fest im Axenlager angezogene Rolle R trägt. Ein Häkchen an der Peripherie der Rolle hält die schräg aufsteigende Feder (ein doppeltes Kautschukband oder eine Stahlfeder) fest. Die Feder endet an dem Hebel in dem Häkchen F. Der Drehpunkt des Hebels ist m, die Zeichenspitze Z. In F ist zugleich der Faden befestigt, der mit seinem Haken H in den Muskel eingesetzt wird.

Wie man sieht, lässt sich nun der Apparat mannigfach verändern. Dadurch dass man allein das Winkelstück CDE höher oder tiefer stellt, ändert man den Ansatzwinkel der Feder (MFR) an den Hebel und ihre Spannung. Auch F lässt sich auf dem Hebel hin- und herschieben und an verschiedenen Stellen befe-

stigen. Hat man nun den Apparat so hergerichtet, wie oben (siehe Seite 286) beschrieben, so setzt man einfach eine Feder von der entsprechenden Länge ein und der Muskel wird je nach der Stärke der Feder mit einem bestimmten, konstanten Zuge gedehnt. Setzt man eine mehr oder minder starke, aber gleich lange Feder ein, so spannt man ihn stärker oder schwächer, gerade so wie wenn man verschieden grosse Gewichte an ihn anhängt. Es empfiehlt sich daher, die Hebellänge konstant zu lassen und einige gleich lange, aber verschieden starke Federn, deren Zugkraft man vorher in Grammen ausgewerthet hat, bereit zu halten, falls man die Spannung eines Muskels schnell wechseln will.

Ich brauche kaum zu erwähnen, dass man auch noch viele andere Verhältnisse ausfindig machen kann, die der gewünschten Bedingung, nämlich der konstanten Spannung genügen. Die oben erwähnten erschienen mir aber als die bei Weitem zweckmässigsten. Schon mit der blossen Hand fühlt man mit Leichtigkeit, dass je nach der Lage des Punktes D beziehungsweise je nach der Grösse des Winkels ABD, die Hebung des Hebels einmal mit nahezu der gleichen (wenn $\angle ABD$ 30—40° beträgt); in einem andern Falle (wenn er nahezu 90° ist), mit stets zunehmender Kraft sich vollzieht. Hiernach gelingt es also leicht, den Muskel so mit der Feder zu spannen, dass er mit stets gleicher oder mit zunehmender oder mit abnehmender Spannung gedehnt wird. Die Schnelligkeit der Zu- und Abnahme liegt ebenfalls in der Hand des Experimentators, wie aus obigen Konstruktionen in Figur 2 einleuchtet. Dabei sind die gezeichneten Kurven frei von Trägheit; denn es werden keine oder keine nennenswerthen Massen in rasche Bewegung versetzt.

Dass man mit meinem Apparat auch Belastungs- und Ueberlastungsversuche anstellen kann, versteht sich ziemlich von selbst; denn der Hebel FB hat nahe seinem Drehpunkt einen beweglichen Anschlag, vermittelst dessen man ihn unterstützen und den Muskel dem Zuge der Feder entziehen (Ueberlastung) oder im andern Falle die Federspannung von Anfang an auf den Muskel wirken lassen kann (Belastung). Schliesslich ist der Apparat auch sehr leicht so zu verändern, dass man mit demselben nur die Spannungen des Muskels misst, ohne dass der Muskel sich hierbei verkürzt, also, wie es Fick nennt, sogenannte isometrische Kurven zeichnet. Man hat nur an die Stange AB eine Verlängerung an-

zuschrauben und an diese ein horizontales Querstück parallel dem Hebel *FB* zu befestigen. Verbindet man dann den Punkt *F* des Hebels durch die Feder mit jenem Querstück, nachdem man den Befestigungspunkt des Muskels am Hebel nahe *m* herangerückt hat, so kann sich der Muskel nicht oder nur eine Spur zusammenziehen und zeichnet sogenannte isometrische Kurven; denn schon eine sehr geringe Zusammenziehung des Muskels müsste die Feder ausserordentlich stark dehnen.

Nach alledem kann ich den Apparat als einfach und zweckmässig empfehlen.

Ein einfacher Zeitmarkirungsapparat.

Von

Dr. **P. Grützner** (Tübingen).

Hierzu Tafel II, Figur 5 bis 7.

Die Zeitmarken, welche man auf die Cylinder von Kymographien gleichzeitig mit den betreffenden Kurven aufzeichnet, werden fast ausschliesslich dadurch erhalten, dass durch ein Pendel oder ein Uhrwerk zu bestimmten Zeiten Kontakte geschaffen oder gelöst und hierdurch auf elektrischem Wege Bewegungen eines Zeichenhebels ausgelöst werden. Andere Apparate stellen kleine Pendeluhren dar, welche ohne weitere elektrische Zwischenapparate einen Zwischenhebel alle Sekunden in die Höhe schnellen und dadurch die gewünschten Zeitmarken erzeugen. Die ersteren Apparate sind ziemlich kostspielig und umständlich, die zweiten nicht besonders genau, wenn, wie häufig, das Pendel weit ausschlägt und die Uhr nicht immer genau vertikal hängt.

Es fiel mir nun auf, dass wenn man aus einer engen Röhre unter gleichbleibendem Druck Wassertropfen abfallen lässt, diese

stets in genau gleichen Zwischenräumen abtropften. Ich habe selbst vielfache Zählungen gemacht und von andern machen lassen. Die Zahl der Tropfen änderte sich in der gleichen Zeit unter sonst gleichen Bedingungen nicht. Ich liess demnach die Tropfen etwa einen bis anderthalb Fuss hoch auf eine Marey'sche Trommel fallen, welche mit einer kleinen Zeichentrommel durch einen Gummischlauch in Verbindung stand. Der Zeichenhebel der letzteren machte also immer, wenn ein Tropfen auf die Trommel fiel, eine kleine Erhebung und genaues Ausmessen der Entfernungen bei rasch und gleichmässig rotirendem Cylinder, sowie zeitliches Auswerthen der Abstände zwischen den Marken durch die gleichzeitig aufgeschriebenen Schwingungen einer Stimmgabel, ergaben mir regelmässig, dass die Tropfen eben in durchaus gleichen Zwischenräumen abfielen. Aeusserst geringe Differenzen (von 1%), die sich übrigens bei den andern Apparaten auch, ja häufig in noch viel grösserem Maasse und grösserer Häufigkeit finden, beobachtete ich bei diesen Versuchen ungemein selten. Demnach ist diese äusserst einfache und sichere Methode, die sozusagen auch nichts kostet, als durchaus zweckmässig zu empfehlen.

Die näheren Verhältnisse sind folgende. Eine Mariotte'sche Flasche von etwa 1 Liter Inhalt ist mit Wasser gefüllt. Die in das Wasser hineinragende, mit Luft gefüllte Glasröhre ist unten schräg abgeschliffen, damit die Luftblasen immer gut und schnell entweichen können, ohne dass die Wasserhöhe hierbei schwankt. Die aus der Flasche herausführende Röhre, die man passend aus zwei durch einen Gummischlauch verbundenen Stücken bestehen lässt, ist etwas abgeschrägt oder zugespitzt. Ein mit Schraube versehener Quetschhahn regulirt den Abfluss. Die Tropfen fallen etwa 45 cm hoch auf die ein wenig geneigte Aufnahmetrommel, an deren tiefstem Rande ein Stück Fliesspapier hingelegt wird, damit das Wasser schnell und gleichmässig von ihr abläuft und der neu herabfallende Wassertropfen immer auf die von Wasser freie Kautschukmembran aufschlägt. Der verbindende Gummischlauch ist dickwandig und natürlich nicht zu weit.

Mit dieser primitiven Vorrichtung wird es Jedem leicht gelingen, die Tropfen alle Sekunden fallen zu lassen und sich einen durchaus brauchbaren und einfachen Zeitmarkirungsapparat herzustellen. Ein Umstand ist aber dabei noch lästig, nämlich das Einstellen des Hahnes. Man wird ja gewöhnlich damit auch nur wenige Minuten

gebrauchen, namentlich wenn man zwei Hähne hintereinander verwendet, sicherlich weniger als für das Herrichten einer Batterie und der zugehörigen Nebenapparate, aber es empfiehlt sich doch einen Hahn zu besitzen, den man sehr genau und ganz allmählich in bestimmter Weise einstellen kann. Die gewöhnlichen Hähne sind viel zu grob dafür, entweder sind sie sozusagen ganz offen oder ganz geschlossen. Wir gebrauchen aber eine kleine Oeffnung, die man ganz allmählich noch immer mehr und mehr verschliessen kann. Diesen Zweck erreichte ich folgendermaassen. Ueber ein kreisförmiges Loch in einem Stück Papier (siehe Fig. 5) werde ein anderes Papier mit einem langen dreieckigen Ausschnitt gelegt. Das Dreieck sei rechtwinklig und die kleine Kathete desselben etwas grösser als der Durchmesser des Loches, so dass das Loch vollständig frei bleibt, wenn es diese Kathete berührt. Wird jetzt der Ausschnitt von rechts nach links über das Loch gezogen, so wird dieses ganz allmählich zugedeckt und die Oeffnung in dem Maasse verkleinert, wie die schraffirten Restflächen der Kreise in Figur 5 es angeben.

Es ist nun leicht, eine derartige Einrichtung an jedem gewöhnlichen (natürlich gut gearbeiteten) Hahn anzubringen. Sei $ABCD$ in Fig. 6 das Stück im Längsschnitt, in welchem der Hahn H steckt. Die Bohrung $EFGH$ gehe zunächst glatt durch; der Hahn sei offen. Nun schneidet man seitlich von F und G, und zwar rechts von F und links von G in den Hahn das oben beschriebene Dreieck ein. Es wird entweder durchweg gleich tief oder nahe von F und G etwas tiefer eingeschnitten als bei m und n, wie die Figur 6 es andeutet. Dreht man nun den Hahn um einen mässig grossen Winkel, was sonst den Verschluss des Hahnes nach sich ziehen würde, so werden einmal die Löcher G und F in dem Stück $ABCD$ allmählich zugedeckt und nebenher auch noch (falls das Dreieck je schmaler und spitzer es wird, auch immer weniger tief in das Messing des Hahnes eingearbeitet ist) die Durchflussöffnung im Ganzen verkleinert (siehe die betreffende Stellung in Figur 7). Je nach der Beschaffenheit des Einschnittes kann man natürlich bald mehr die eine, bald mehr die andere Verschlussart erzeugen.

Auf diese einfache Weise gelingt es ohne irgend welche Anwendung von Mikrometerschrauben und dergleichen den Hahn ausserordentlich fein einzustellen und die Tropfenzahl zu reguliren. Die Drehung des Hahnes um ein Paar Winkelgrade verändert die

Zahl der fallenden Tropfen nicht entfernt so bedeutend, wie dies bei einem gewöhnlichen Hahn unter sonst gleichen Umständen der Fall ist. Es ist natürlich ebenso leicht, die Tropfen alle Sekunden, wie alle 2—5, oder auch alle halben bis fünftel Sekunden fallen zu lassen. Fallen sie langsam, so muss man sich vor allzu heftigen Erschütterungen hüten, die sonst Fehler bedingen. Damit ferner die Tropfen gut abfallen, ist die Ausflussöffnung des Hahnes abgeschrägt[1]).

Weiterhin ist es zweckmässig, oberhalb des erwähnten Stellhahns einen beliebigen andern in das Abflussrohr einzuschalten. Ist der Stellhahn einmal für Sekunden eingestellt und sind die Röhren in der Mariotte'schen Flasche in alter Weise befestigt, so hat man dann einfach nur den oberen Hahn zu öffnen, um sofort den Apparat in Gang zu setzen.

Herr E. Albrecht, Mechaniker hierselbt, fertigt dergleicheu Hähne, sowie den ganzen Apparat zur Zeitmarkirung. Ich kann ihn nach vielfältiger Prüfung bestens empfehlen.

---

1) Soeben kommt mir eine interessante Arbeit von P. Lenard (Wiedemann's Annalen, 1887, Bd. 30, S. 209) zu Gesicht, welcher die Schwingungen fallender Tropfen studirt. Das was uns für vorliegenden Fall wesentlich aus dieser Arbeit angeht, ist die Thatsache, dass auch er die erstaunliche Regelmässigkeit in dem Abfallen der Tropfen beobachtet hat. Er hat allerdings die Ausflussröhre, um regelmässig gestaltete Tropfen zu erhalten, nicht abgeschrägt, sondern genau quer abgeschnitten und behufs besserer Benetzung der Ausflussöffnung mit Wasser diese aus ungeleimtem Seidenpapier hergestellt. Sollte durch diese Maassnahmen das Abfallen der Tropfen noch regelmässiger werden (was Lenard angiebt), so steht natürlich Nichts im Wege, um die Ausflussöffnung des Hahnes etwas Seidenpapier zu kleben. Ich habe, wie gesagt, auch mit meinem Verfahren die vollkommenste Regelmässigkeit beobachtet. Dass der Hahn sauber und nicht mit Oel verschmiert sein darf, bedarf wohl kaum der Erwähnung.

(Aus dem physiologischen Institut in Genf.)

Ueber die postmortale Zuckerbildung in der Leber.

Vorläufige Mittheilung.

Von

Dr. **H. Girard.**

Im Verlaufe einer nach ganz anderen Zielen gerichteten Untersuchung habe ich einige Versuche angestellt, deren Ergebnisse für die Lehre der Glycogénie hépatique mir nicht ohne Wichtigkeit zu sein scheinen. Desshalb will ich sie jetzt schon in Kürze mittheilen.

Die zahlreichen Arbeiten, welche Herr Seegen in diesem Archiv veröffentlichte[1]), verfolgen den Zweck, über diesen Gegenstand eine richtigere Theorie zu geben. Dieser Experimentator behauptet vor Allem, dass die Zuckerbildung in der Leber eine wichtige, bis zum Inanitionstod fortdauernde Lebensfunktion sei. Nach Seegen enthält ein dem lebenden Thiere oder unmittelbar nach dem Tode excidirtes Leberstück 0,5 % Zucker, und bei den verschiedensten Thiergattungen und Thierspecies schwankt der Zuckergehalt kaum um 0,1 %. Ferner glaubt Seegen es über jeden Zweifel festgestellt zu haben, dass der Blutzucker aus der Leber stammt, da bei allen seinen Hunger- und Ernährungsversuchen das Lebervenenblut beträchtlich mehr Zucker enthält, als das Blut der Pfortader. Endlich sollen seine Versuche bis zur Evidenz beweisen, dass die bisherige Vorstellung über den Umwandlungsvorgang des Glycogens in Zucker eine irrige war, dass der Leberzucker nicht aus vorgebildeten Kohlenhydraten, Glycogen, Dextrin stammt und auch vom Nahrungszucker wie von den mit

---

1) Bd. 22, 24, 25, 28, 34, 37, 39, 40.

der Nahrung eingeführten Kohlenhydraten vollständig unabhängig ist, dass Fett und Eiweisskörper das Material sind, aus welchem die Leber den Zucker bildet.

Diese neue, mit Begeisterung elaborirte Theorie hat aber keine solide Basis.

Ein dem lebenden Thiere excidirtes Leberstück enthält nicht 0,4 bis 0,5 % Zucker. In diesem Punkt ist Herr Seegen im Irrthum, weil er bei dieser kleinen Operation zu viel Zeit verlor. Ich habe bei verschienen Thiergattungen Leberstücke untersucht, welche den in den meisten Fällen durch Nackenstich getödteten Thieren entweder sogleich nach oder einige Sekunden vor dem Tode ausgerissen, in aller Eile zwischen meine Finger gepresst, um das vorhandene Blut so vollständig wie dies eben möglich war zu entfernen, und in bereit stehendes siedendes Wasser geworfen wurden. Das zu untersuchende Stück wurde nicht gewogen, da bei der immerhin etwas langen Procedur des Wägens das post mortem lebhaft wirkende Ferment Zucker in nicht unbeträchtlicher Menge zu bilden vermag.

Bei Mäusen, Ratten, Fröschen, Kröten wurde die ganze Leber, bei Kaninchen, Hunden, Katzen nur kleine Stücke verarbeitet, dessen Gewicht ich auf ungefähr 5 gr schätzte. Es lag mir übrigens nicht daran, tadellose quantitative Analysen zu machen; diese Vorversuche hatten zum einzigen Zwecke, durch eine sorgfältige Untersuchung zu bestimmen, ob die lebende Leber Zucker enthält oder nicht. Die Leberstücke wurden nach der von Seegen angegebenen Methode behandelt. Das Leberdecoct wurde durch ein ungestärktes Leinwandtuch filtrirt, das Gewebe abgepresst, der Leberfladen mit einem scharfen Löffel abgekratzt, mit viel Wasser in der Reibschale verrieben, die verriebene Leber mit viel Wasser gekocht und diese Procedur viele Male wiederholt. Das Decoct wurde auf etwa 30 ccm eingeengt, mit 300 ccm absolutem Alkohol versetzt, filtrirt, das alkoholische Filtrat eingeengt und in diesem der Zucker bestimmt.

Auf diese Weise konnte ich nach Pavy, Schiff und anderen Beobachtern feststellen, dass die Leber des gesunden lebenden Thieres entweder gar keinen oder höchstens das Bischen Zucker enthält, welches im Blute der Lebervenen vorhanden ist. Ich erhielt nie über 0,5 per Mille Zucker.

Dies ist der erste Punkt, in Bezug auf welchem ich mit

Seegen im Gegensatze stehe. Ich halte ferner die Versuchsresultate, welche er gegen die Zuckerbildung aus Glycogen hervorbringt für nicht unanfechtbar und als Beweise für seine Ansicht nicht verwerthbar.

Ich habe die Versuche nachgeprüft, durch welche er in einer gemeinsamen Arbeit mit Dr. Kratschmer festgestellt zu haben glaubt, dass in der todten Leber die Zuckerbildung von Statten gehen könne, ohne dass der Glycogenbestand Einbusse erleidet. Als Versuchsobjekte wählte ich Hunde und Kaninchen. Meine Untersuchung wurde genau so ausgeführt, wie es Seegen angegeben hat.

Die Leberstücke, deren Zucker- und Glycogengehalt zu bestimmen war, wurden nach diesen beiden Richtungen vollkommen erschöpft. 30 ccm des Leberdecocts wurden zur Zuckerbestimmung und 20 ccm zur Bestimmung der Kohlenhydrate verwendet. Die Zuckerbestimmung geschah so, dass die 30 ccm mit 300 ccm absolutem Alkohol versetzt, der Niederschlag mit absolutem Alkohol vollständig ausgewaschen, das alkoholische Filtrat eingeengt und in diesem der Zucker bestimmt wurde. Die Gesammtkohlenhydrate wurden dadurch festgestellt, dass 20 ccm des Decocts mit 2—3 ccm 10% Salzsäure versetzt in einer gut geschlossenen Flasche durch 12 Stunden der Siedhitze im Wasserbade ausgesetzt wurden und die Zuckermenge in der filtrirten, mit Co^2Nao neutralisirten und verdünnten Flüssigkeit mittelst Fehling'scher Lösung titrirt.

Das wichtigste Ergebniss dieser Versuche war, dass, wie Seegen es auch gesehen hat, die Summe der Kohlenhydrate in der Leber in den 48 Stunden nach der Tödtung der Versuchsthiere nicht unbedeutend angestiegen zu sein schien.

Wäre dieses richtig, so hätten wir allerdings einen Grund anzunehmen, dass der in der todten Leber gebildete Zucker nicht einzig und allein aus dem vorhandenen Glycogen stammt. Bezeichnen wir die 10 Minuten nach dem Tode in der Leber enthaltene Zuckermenge mit x und die 24 Stunden später mit $x + n$; ist dieses Plus auf Kosten des Glycogens entstanden, so muss 24 Stunden nach dem Tode des Thieres die Glycogenabnahme der Zuckerzunahme entsprechen und die Glycogenmenge (y 10 Minuten nach dem Tode) mit $y - n$ bezeichnet werden, und wir dürfen grosso modo die zwei folgenden Gleichungen aufstellen:

I. (10 Min. nach dem Tode) $x + y = z$ (der Gesammtzucker).
II. (24 Stunden später) $(x + n) + (y - n) = z$.

Nach den von Seegen und von mir erhaltenen Resultaten wäre indessen die zweite Gleichung nicht sachgetreu. Wenn z. B. 10 Minuten nach der Tödtung des Thieres $x = 0{,}5$ und $y = 3$, wenn also

$$x + y = 3{,}5,$$

so könnten wir 24 Stunden später den Sachbefund wie folgt ausdrücken:

$$(x + n) + (?) = 4{,}5\ (z').$$

Der Gesammtzucker[1]) ist scheinbar gewachsen und Seegen zieht einfach daraus den Schluss, dass der Zuckergehalt der Leber auf 1,5 gestiegen und der Glycogengehalt unverändert geblieben sei, dass wir folglich die zweite Gleichung so schreiben müssen:

$$(x + n) + y = 4{,}5.$$

Vermuthlich hätte also die Leber aus ihrem eigenen Gewebe Zucker gebildet.

Ich muss aber unverzüglich sagen, dass die Zunahme des Gesammtzuckers eine künstlich gezwungene ist. Ich habe mich durch vergleichende Analysen von mehreren Leberdecocten überzeugt, dass die von Seegen angegebene Methode nur beirrende Resultate herbeiführen kann, weil in der in eine geschlossene Flasche oder in eine nachher zugeschmolzene Glasröhre eingeschlossenen, im kochenden Wasserbade durch 12 Stunden erhitzten mit Säure versetzten Glycogenlösung höchstens 75 % der Glycogenmenge in Traubenzucker umgewandelt wird. Die vollständige Umwandlung des Glycogens in Zucker nimmt durchschnittlich nicht viel weniger als 48 Stunden in Anspruch.

Mit der von Seegen angewandten Methode hätten wir, wenn z. B. 24 Stunden nach der Tödtung des Thieres $x + n = 2{,}5$ und $y - n = 1$ geworden sind, folgende zwei Gleichungen zu schreiben, welche das überraschende Ergebniss erklären, auf welches Seegen seine gewagte Theorie aufgebaut hat:

I. (10 Minuten nach dem Tode) $x + \left(\frac{y \times 75}{100}\right) = 2{,}75$ (falsch).

---

1) Es wird bekanntlich von einigen Physiologen angenommen, dass neben Zucker und Glycogen noch andere Kohlenhydrate in der Leber enthalten sind; ihre Menge ist aber jedenfalls gering, so dass ich mir erlaube, hier davon zu abstrahiren.

II. (24 Stund. nach dem Tode) $(x+n) + \left(\frac{(y-n)\times 75}{100}\right) = 3{,}25$ (falsch).

In einer früheren Publikation sagt Segen selbst[1]: „Durch Kochen mit Säuren (mit Salz- und mit Schwefelsäure) werden nur circa 75% der Glycogenmenge in Zucker und zwar in Traubenzucker umgewandelt. Eine vollständige Umwandlung des Glycogens tritt erst dann ein, wenn die Glycogenlösung in zugeschmolzener Röhre durch 36—48 Stunden im 100° heissen Wasserbade erhitzt wird.

Hat sich seit dieser Zeit die Sache so geändert?

Boehm und Hofmann haben schon gezeigt[2], dass Seegen in seiner ersten mit Dr. Kratschmer gemeinsam ausgeführten Arbeit nach der Natur seiner Methode einen Fehler begeht, wenn er über das Glycogen etwas aussagt. Bei einer zweiten Reihe von Versuchen, welche Seegen und Kratschmer bald darauf anstellte, wurde dann das Glycogen direkt nach Brücke bestimmt. Es ergab sich allerdings mit Hülfe dieser Methode, dass bei Kaninchen und bei Katzen die Zuckerbildung mit einer raschen Glycogenabnahme einher geht; die erzielten Resultate stimmten aber in einem Punkte mit den ersten überein und zwar darin, dass bei Hunden der Glycogengehalt entweder in der ersten Stunde oder innerhalb der ganzen Versuchszeit von 72 Stunden unverändert geblieben sein soll, während der Zucker von 0,4—0,5 bis auf 3,3% angestiegen war.

Dies ist wieder ein sehr sonderbares Ergebniss. Wie Seegen und Kratschmer dazu gekommen sind, weiss ich nicht. Ich habe 8 vollständige Analysen gemacht, wobei die Leber der getödteten Thiere (4 Hunde, 2 Katzen und 2 Kaninchen) 10 Minuten, 24 und 48 Stunden nach dem Tode auf Zucker und Glycogen genau untersucht wurde. Die Zuckermenge wurde wie gewöhnlich bestimmt; die Glycogenbestimmungen wurden ganz in der bekannten Weise nach Brücke vorgenommen. Die Resultate dieser Analysen fasste ich in folgender Tabelle zusammen, woraus ersichtlich wird, dass bei Kaninchen, bei Katzen und, in Nichtübereinstimmung mit dem von Seegen angegebenen Verhalten, auch bei Hunden ausnahmslos eine der Zuckerzunahme mehr oder weniger entsprechende Abnahme des Glycogens eingetreten ist.

1) Dieses Archiv, Bd. 19.

2) Dieses Archiv, Bd. 23.

Versuchsthier.		Erstes Stück, 10 Min. nach dem Tode untersucht.		Zweites Stück, nach 24 Stunden.		Drittes Stück, 48 Std. n. d. Tode.	
		Zucker.	Glycogen.	Zucker.	Glycogen.	Zucker.	Glycogen.
Hund	Nr. 1	0,55%	2,12%	1,80%	0,76%	1,75%	0,75%
„	„ 2	0,74 „	4,05 „	3 „	1,50 „	3,12 „	1,38 „
„	„ 3	0,95 „	4,73 „	3,50 „	1,80 „	3,73 „	1,45 „
„	„ 4	0,86 „	3,56 „	3,35 „	0,80 „	3,30 „	0,67 „
Katze	„ 1	0,48 „	5,88 „	2,95 „	3,20 „	3,06 „	2,88 „
„	„ 2	0,62 „	4,96 „	3,15 „	2,08 „	3,48 „	1,87 „
Kaninchen	Nr. 1	0,75 „	9,56 „	3,58 „	6,35 „	3,85 „	4,28 „
„	„ 2	0,65 „	10,25 „	4,12 „	6,24 „	4,20 „	5,05 „

Wir dürfen also annehmen, dass die Totalität des in der todten Leber gebildeten Zuckers aus dem Leberglycogen stammt. Folgende Versuche liefern für die postmortale Fähigkeit der Leber, Zucker aus Glycogen zu bilden, einen weiteren Beweis und zeigen zugleich die Unwahrscheinlichkeit der von Seegen vermutheten direkten Umwandlung von Pepton in Zucker.

In den letzten Monaten wurde von Prof. M. Schiff bei einer Anzahl von Hunden die Exstirpation des Ganglion cervico-thoracic. nerv. sympathic. und entweder in der gleichen Sitzung oder nach einigen Tagen die Unterbindung der beiden Carotiden vorgenommen. Von den operirten Thieren wurden mehrere nacheinander rotzig; die einen starben, die anderen wurden in der letzten Periode der Krankheit getödtet. Die Leber des ersten an dieser ansteckenden Krankheit gestorbenen Hundes wurde sehr genau untersucht; sie war frei von Zucker und von Glycogen, oder besser gesagt sie war frei von Zucker, weil sie kein Glycogen umzubilden hatte. 24 und 48 Stunden nach dem Tode war das gleiche Verhalten zu konstatiren. Ich fasste daher den Entschluss, die für meine Untersuchung günstige Gelegenheit zu benutzen und alle zuckerfreien Lebern, welche mir zur Verfügung stehen würden, auf ihr zuckerbildendes Vermögen zu prüfen.

Versuch I.

Einem Hunde wurde am 12. März das Gangl. cervico-thoracic. nerv. sympathic. exstirpirt; am 22. des gleichen Monats Unterbindung der beiden Carotiden. Dieses Thier wurde rotzig und starb den 6. April. — Ein klei-

ner Theil seiner Leber, mit allen Cautelen untersucht, enthält weder Zucker noch Glycogen.

1. Ein 10 gr schweres Stück dieser zuckerfreien Leber wird fein geschnitten und mit einer Lösung von 5 ctgr Glycogen [1]) auf der Ofenplatte durch 12 Stunden stehen gelassen. Die stark blutig gefärbte Flüssigkeit wurde nach der von Hofmeister und Schmidt-Mülheim empfohlenen Methode mittelst essigsaurem Eisen von ihren Eiweiskörpern befreit. Das Filtrat gibt durch Reduktion mit Fehling'scher Lösung 4,5 ctgr Zucker.

2. Ein anderes Stück der gleichen Leber, ohne jeden Zusatz aufbewahrt, am 7. und am 8. April lege artis untersucht, zeigte sich immer frei von Glycose und Glycogen [2]).

Versuch II.

Die Leber eines zweiten rotzig gestorbenen Hundes war ebenfalls zuckerfrei.

1. Ein etwa 10 gr schweres Stück dieser Leber in Brei zerrieben, mit einer Lösung von 5 ctgr Glycogen in 25 ccm aq. dest. durch 24 Stunden auf der Ofenplatte stehen gelassen. Die mittelst essigs. Eisen ihrer Eiweisskörper befreite Flüssigkeit enthält 3,7 ctgr Traubenzucker.

2. Ein zweites, zuerst durch wiederholtes Waschen und Pressen möglichst vollständig blutleer gemachtes, dann gleich wie das vorige behandeltes Stück derselben Leber gibt nur 0,4 ctgr Glycose.

3. Ein drittes Stück, ebenfalls etwa 10 gr schwer, durch 24 Stunden auf der Ofenplatte mit 25 ccm destillirtem Wasser und 5 dgr pepton. depur. sicc. von Dr. Grübler. Nach sorgfältiger Fällung der Eiweisskörper mittelst

---

1) Bei den ersten Versuchen wurde ein vor einigen Jahren von Abeles mit Cl^2Zn dargestelltes Glycogen gebraucht, welches mir Prof. Schiff gütigst zur Verfügung stellte. In Wasser gelöst oder gekocht reducirte es die Fehling'sche Lösung nicht. 5 ctgr dieses Glycogens mit destillirtem Wasser und 2 ccm 10 % Salzsäure der Siedhitze im Wasserbade ausgesetzt, wurden in 4,75 ctgr Glycose umgewandelt. Das Präparat, obschon etwas alt, war also als genügend rein zu betrachten. — Später bediente ich mich eines im Laboratorium von Dr. Grübler in Leipzig präparirten Glycogen puriss., welches ebenfalls Nichts zu wünschen übrig lässt.

2) Zur Verhütung unnützer Wiederholungen muss ich hier angeben, dass alle als zuckerfrei bezeichneten Hundelebern zwei oder drei Mal genau untersucht wurden, und sowohl 48 Stunden als einige Minuten nach dem Tode keine Spuren weder von Zucker noch von Glycogen enthielten. Bei dem Igel, bei dem jungen Kaninchen und bei dem Murmelthiere wurde die kleine Leber gleich Anfangs vollständig verbraucht, ich habe aber keinen Grund, anzunehmen, dass hier nicht das gleiche Verhalten sich gezeigt hätte, wie bei den Hunden.

essigs. Eisen zeigt sich die anfangs sehr starke Biuretreaktion nicht mehr. Das Filtrat reducirt die Fehling'sche Lösung nicht. Die zuckerfreie Leber vermochte also nicht, Pepton in Zucker umzuwandeln.

Versuch III.

Ein an einer unbekannten Krankheit leidender Igel wird ins Laboratorium gebracht und stirbt am folgenden Tag.

Ein sehr genau untersuchtes Leberstückchen enthält weder Glycogen noch Zucker. Die übrige Leber wird fein geschnitten in zwei gleiche Theile getheilt, der erste Theil wird mit einer Glycogenlösung von 2 ctgr, der zweite mit 25 ccm aq. dest. und 2 dcgr Pepton durch 24 Stunden in einer Temperatur von 40° C. macerirt.

Die Maceration mit Glycogen enthält 1,1 ctgr Traubenzucker.

Die Maceration mit Pepton gibt keine Spuren von Glycose.

Versuch IV.

Dritter rotziger Hund, getödtet am 16. April in einem vorgerückten Stadium der Krankheit. Zuckerfreie Leber.

1. 10 gr Leberbrei mit 25 ccm destillirtem Wasser und 5 ctgr Glycogen durch 24 Stunden auf der Ofenplatte haben aus dem Glycogen 2,7 ctgr Traubenzucker gebildet.

2. 10 gr Leberbrei wiederholt gewaschen und gepresst, dann gleich wie vorige Portion behandelt, geben nur 0,3 ctgr Glycose.

3. Die der dritten Flasche entnommene Flüssigkeit, in welcher Leberbrei in aq. dest. mit Zusatz von 5 dgr Pepton macerirt hat, reducirt die Fehling'sche Lösung nicht.

Versuch V.

Die sehr blutarme, zuckerfreie Leber eines jungen, nach einer mehrere Tage langen Krankheit gestorbenen Kaninchen bildete aus Glycogen nur geringe Spuren von Traubenzucker und vermochte nicht, Pepton in Zucker umzuwandeln.

Versuch VI.

Vierter rotziger Hund, gestorben am 18. April. Zuckerfreie Leber.

1. 10 gr Leberbrei in der gleichen Weise wie vorhin behandelt, haben nach 24 Stunden 5 ctgr Glycogen fast vollständig in Traubenzucker umgewandelt.

2. Eine gleiche Menge künstlich blutarm gemachtes Lebergewebe wird mit 25 ccm der gewöhnlichen Glycogenlösung durch 24 Stunden in einer Temperatur von 40° C. stehen gelassen. Die Flüssigkeit enthält nur Spuren von Glycose.

3. Die Maceration eines dritten gleich grossen Stückes dieser Leber hat aus Pepton keine Spuren von Zucker gebildet.

Versuch VII.

Die zuckerfreie Lebei eines fünften rotzigen Hundes hatte auf Glycogen und Pepton die gleiche Wirkung, wie die vorigen.

Versuch VIII.

Vollständig analoge Resultate ergab die zuckerfreie Leber eines in Folge mehrerer Operationen auf Gehirn und Rückenmark gestorbenen jungen Murmelthieres.

Diese und noch andere zahlreiche Versuche, auf welche ich wahrscheinlich später ein Mal zurückkommen werde, demonstriren ad oculos:

1. dass die Leber post mortem einen grossen Theil des in ihren Zellen vorhandenen Glycogen in Zucker umwandelt, und dass sie die Fähigkeit, Zucker aus Glycogen zu bilden nicht verloren hat, wenn sie auch im Leben durch eine Krankheit des Thieres ihres Glycogens vollständig beraubt wurde;

2. dass die Gegenwart von Blut die Umwandlung in der Leber sehr bedeutend befördert;

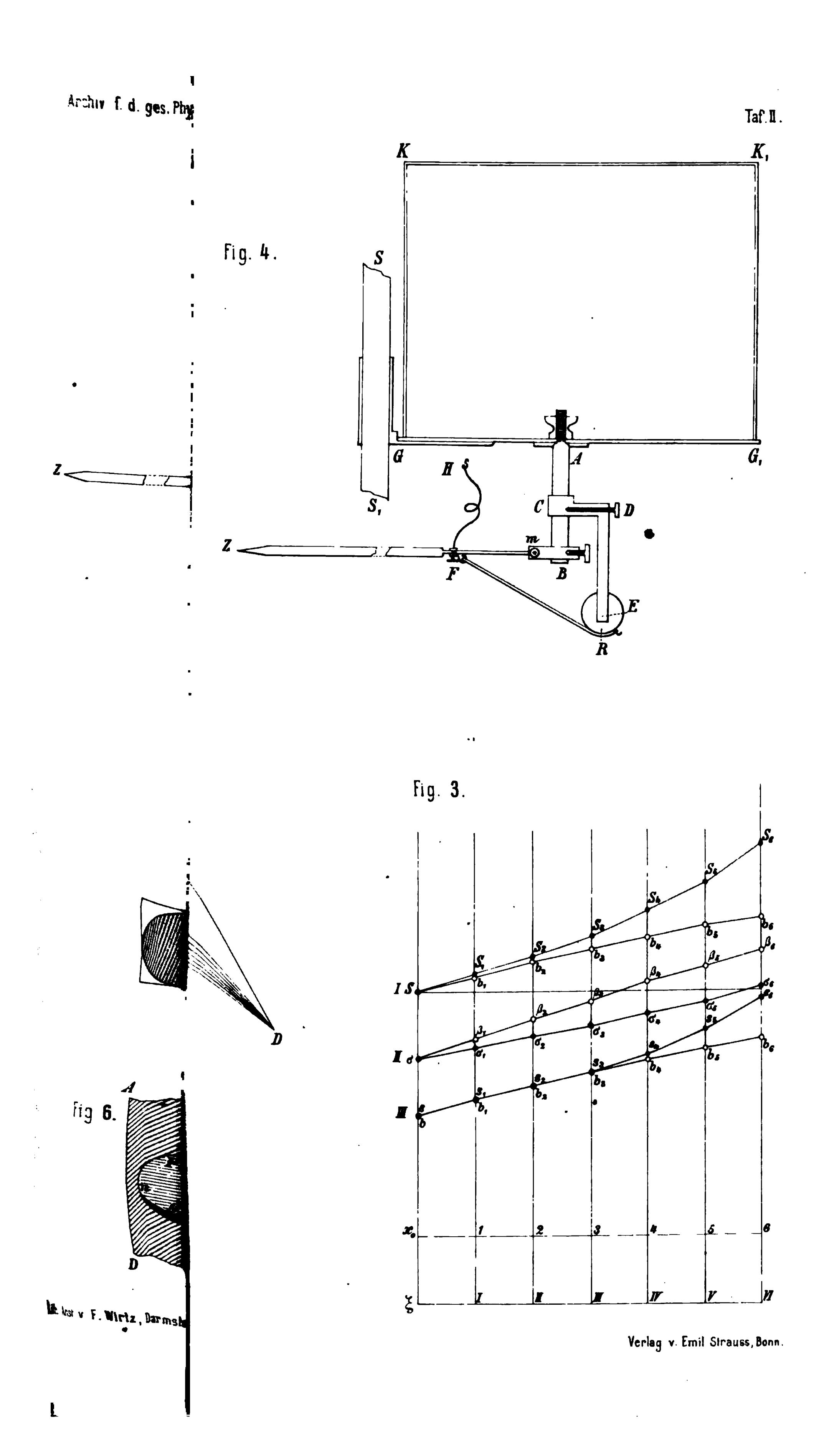
3. dass andere mit stagnirendem Blut durchtränkte thierische Gewebe das in ihnen enthaltene (Muskel) oder künstlich beigebrachte Glycogen ebenfalls post mortem in Zucker umwandeln[1];

4. dass eine durch irgend welche Krankheit glycogenfrei gewordene Leber von sich aus keinen Zucker bildet;

5. dass die Leber post mortem die Fähigkeit nicht besitzt, Pepton in Zucker umzuwandeln.

Sobald mir andere zuckerfreie Lebern zu Gebote stehen, werde ich gelegentlich untersuchen, ob solche Lebern bei Gegenwart von Pepton mehr Glycogen in Zucker umwandeln, als sonst.

1) Vor 20 Jahren hat M. Schiff durch zahlreiche Versuche schon festgestellt, dass sich unter gewissen Umständen auch beim lebenden Thiere ein Ferment im Blute entwickeln kann, welches das Glycogen und das gekochte Amylum in Zucker umwandelt; dies geschieht, wenn nach Compression oder Unterbindung einer grossen Arterie, oder durch Laesionen vasomotorischer Nerven oder nach Rückenmarksdurchschneidung die Circulation entweder verlangsamt oder momentan lokal unterbrochen wird. Das stagnirende Blut vermag auch, das gekochte Amylum in Zucker umzuwandeln, wenn bei einer Krankheit kein Glycogen mehr im Körper des Thieres sich befindet.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmst.

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.

Beiträge zur chemischen Nervenreizung und zur Wirkung der Salze.

Von

Philipp Limbourg,
Assistent am pharmakologischen Institut zu Marburg.

Mit Tafel III und IV.

Den Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen bildet eine auffallende bisher weder bestätigte nach widerlegte Angabe Richter's in seiner Abhandlung „Ueber die Einwirkung des Harnstoffs auf die motorischen Nerven des Frosches", wonach wässrige Harnstofflösung die Eigenschaft habe, den Froschnerven gegen die bekannte erregende Wirkung von Kochsalzlösungen verschiedener Concentration mehr oder weniger unempfindlich zu machen und die entsprechenden Muskelzuckungen aufzuheben. Richter sagt pag. 15: „als ein unbestreitbares Resultat unserer Versuche geht weiter hervor, dass der Harnstoff in seiner Wirkung auf die motorischen Nerven des Frosches in einem bestimmten Gegensatze zu der Wirkung der neutralen Salze, vor allem des Kochsalzes steht" und bezeichnet den Harnstoff als ein Antidot gegen die Wirkung des Kochsalzes auf den Nerven.

Schon früher waren von Kölliker Versuche über die Wirkung des Harnstoffs gemacht worden, aus denen hervorging, dass Harnstoff in analoger Weise wie die neutralen Salze der Alkalien und Erden den motorischen Froschnerven errege und zwar bei 30 % heftige Zuckungen und Tetanus des Muskels auslöse; von NaCl wurde das gleiche mitunter schon bei 10 %, meist bei 20, 25 und 30 %, von Natriumphosphat und Natriumsulfat bei 25 bis 30 % beobachtet.

Der Widerspruch zwischen den Resultaten beider Autoren

veranlasste Buchner, die Versuche mit Harnstoffreizung in Voit's Laboratorium zu wiederholen. Er kommt zu folgendem Schluss: „Gesättigte Harnstofflösungen wirken auf den motorischen Froschnerven in der Weise ein, dass bei geringer Erregbarkeit der Präparate keine Zuckungen in dem dazu gehörigen Muskel entstehen, bei mittlerer Erregbarkeit dagegen allerdings Zuckungen auftreten, die jedoch erst bei sehr reizbaren Nerven sich zu einem zusammenhängenden Tetanus vereinigen; aber auch dieser Tetanus tritt später auf und besitzt eine geringere Intensität und Dauer als der durch gesättigte Kochsalzlösung hervorgerufene." Richter's abweichende Resultate glaubt Buchner auf ungenügendes Untersuchungsmaterial d. h. auf wenig erregbare Froschnervenpräparate zurückführen zu können. Ueber die antagonistische Wirkung, welche Harnstoff bei der Nervenreizung durch Kochsalz ausüben soll (Richter), gibt Buchner keine Aufklärung. In seinen Versuchen blieben die Nerven nach Aufhören der Zuckungen bis zu 35 Minuten nach dem Eintauchen in die Lösungen erregbar.

Bei der lückenhaften Bearbeitung, welche die chemische Nervenreizung überhaupt bisher gefunden hat, und bei den mannichfachen Widersprüchen, welche auf diesem Gebiete herrschen, habe ich es unternommen, in einer grösseren Reihe von Versuchen die Wirkungen des Kochsalzes, Chlorkaliums und Harnstoffs einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Vom Harnstoff benutzte ich die 30 %ige und die concentrirte Lösung, vom Kochsalz und Chlorkalium auch eine Reihe verdünnter Lösungen.

In den ersten Versuchen wurde die von den obengenannten Autoren benutzte Methode befolgt. Der in möglichst grosser Ausdehnung frei präparirte Nervus ischiadicus des stromprüfenden Froschschenkels tauchte mit einer längeren Strecke in die in einem Uhrschälchen befindliche Lösung. Der Muskel lag auf einer Porzellanplatte in gleicher Höhe mit dem Rande des Schälchens. Der Nerv des zweiten Präparates desselben Thieres wurde in vielen Fällen zur Controle von einer 0,6 %igen Kochsalzlösung umspült. Die Erregbarkeit wurde vor und nach der Einlage, häufig auch während derselben gemessen.

Die bei weitem grössere Zahl der Versuche wurde indess nach der graphischen Methode am M. gastrocnemius angestellt.

Um das Ueberfliessen der Salzlösung vom Nerven auf den

Muskel zu verhindern, war der Gastrocnemius meist in der Weise an einem Myographion befestigt, dass die Achillessehne sich oben befand. Der untere Theil, an dem der Nerv hing, war mit einem leichten Holzhebel mit Metallspitze verbunden. Die Belastung lief über eine kleine Rolle und betrug, wenn sie angewandt wurde, meist 2—20 gr; in einigen Fällen war sie grösser. Der Nerv. ischiadicus befand sich mit einer längeren Strecke in einem Porzellanschiffchen, das zur Aufnahme der zu untersuchenden Lösung diente. Vor dem Eintrocknen war der Muskel durch eine feuchte Kammer geschützt.

Ein Balzar'sches Kymographion mit berusster Trommel fixirte den Verlauf der Muskelzuckungen. Die Geschwindigkeit wurde variirt, je nachdem die Form oder der Gesammtverlauf der Muskelbewegungen erkannt werden sollte.

In einer Reihe von Versuchen war noch eine weitere Vorrichtung nothwendig. Es wurden in denselben dem Nervmuskelpräparate, während der Nerv von der Salzlösung umspült war, völlig gleiche electrische Reize und zwar nur Oeffnungsinductionsschläge in regelmässigen Intervallen von 10 Sekunden zugeführt. Die Stromquelle lieferten 9 Meidingerelemente. Die Reinheit des Quecksilbercontacts wurde durch Alcoholspülung (Tiegel) gesichert. Zwischen Reizuhr und Präparat war ein Stromwender angebracht. Die Electroden waren meist an den Muskel und zwar an den beiden Enden befestigt, da die Anlegung an den Nerven erschwert war und keinen wesentlichen Unterschied erkennen liess. Der Muskel war theils belastet, theils überlastet.

Durch Nervendurchschneidung konnte nach dem Vorgange Eckhard's der chemische Reiz während des Versuches zu jeder Zeit ausgeschaltet werden.

Da die Erregbarkeit der Froschnerven in den einzelnen Jahreszeiten sehr ungleich ist (A. v. Humboldt u. a.), so kann es vorkommen, dass eine Substanz zur Zeit der höchsten Empfindlichkeit der Nerven die intensivsten Muskelcontractionen hervorruft, während bei wenig erregbaren Präparaten die Wirkung vollständig fehlt. Versuche, welche von mir im Monat Juli mit den

beiden erwähnten Harnstoffconcentrationen angestellt wurden, ergaben nur ganz geringe Erscheinungen, verliefen aber selten vollständig negativ. Bisweilen traten nur ganz vereinzelte fibrilläre Zuckungen auf, oft nur eine einzige und von solcher Geringfügigkeit, dass sie leicht übersehen werden konnte. Es kamen aber auch intensivere Contractionen vor. Die 30%ige Lösung erwies sich als die bei weitem wirksamere. Im August hatte die Kraft des Harnstoffs besonders in der gesättigten Solution zugenommen. In der zweiten Hälfte des Winters änderte sich das Verhältniss zwischen beiden Lösungen noch weiter zu Gunsten der concentrirten, so dass letztere der 30%igen weit überlegen war. Man kann dies an den Zeiten erkennen, nach denen die ersten Zuckungen auftraten. Im Januar ergaben 12 Versuche mit gesättigter Harnstoffsolution 2 Minuten, 16 Versuche mit 30%iger 11,3 Minuten als Mittel. Ich kann somit die Angabe Buchner's bestätigen, dass die angebliche Wirkungslosigkeit der concentrirten Harnstofflösung (Richter) auf der Anwendung wenig erregbarer Nervenmuskelpräparate beruht.

Ein ähnlicher Wechsel in der Wirksamheit wurde beim Chlorkalium beobachtet. Während der Monate August und September fand nur eine geringe Nervenerregung statt. Im November traten in 16 Versuchen mit gesättigter Chlorkaliumlösung 5 mal und in 27 mit verdünnten Solutionen (von 10, 2 und 0,5 Procent) 16 mal Zuckungen auf. Die 2%ige hatte den grössten Erfolg. In den letzten Wintermonaten rief Chlorkalium besonders in concentrirter Lösung die heftigsten Muskelbewegungen hervor.

Vom Kochsalz wurde stets die Angabe früherer Untersucher (Eckhard u. a.) bestätigt, dass es einen äusserst heftigen Nervenreiz bildet. Ein Einfluss der Jahreszeit kommt hier nicht in dem Maasse wie bei den beiden anderen Substanzen in Betracht. Zur Zeit der grössten Erregbarkeit der Nervmuskelpräparate waren noch sehr verdünnte Lösungen recht wirksam. Man konnte alsdann selbst noch durch eine physiologische 0,6%ige Kochsalzlösung zahlreiche und intensive Zuckungen erlangen.

Aus den eben beschriebenen Verhältnissen folgt, dass es nicht möglich ist, genauere zeitliche Angaben über das erste Auftreten der Muskelcontractionen zu machen. Mit einiger Sicherheit ist das wohl nur beim Chlornatrium möglich. Im October und November wurden durch gesättigte Kochsalzlösung die ersten Zuckun-

gen nach 1,1 Minuten hervorgerufen, durch die 5%ige erst nach 4 Minuten. Gegen Ende des Winters traten die Muskelcontractionen noch früher auf. Bei den beiden anderen Substanzen sind die Differenzen zu gross, als dass genauere Zeitangaben von einigermaassen allgemeiner Gültigkeit möglich wären.

Wenn wir uns nach diesen Bemerkungen über den Einfluss, welchen die Empfindlichkeit der Nervenmuskelpräparate auf den Erfolg der chemischen Nervenreizung ausübt, zur Beschreibung der ausgelösten Muskelcontractionen wenden, so fällt bei der Betrachtung der erhaltenen Curven vor allem die grosse Unregelmässigkeit der Erscheinungen auf, welche im Grossen und Ganzen schon von Eckhard richtig beschrieben ist.

Zunächst ist eine einmalige Gesammtzuckung zu erwähnen, welche im Momonte der Berührung des Nerven mit der Lösung in vereinzelten Fällen und bei erregbaren Präparaten entstand. Es handelt sich wohl um dieselbe Zuckung, welche Eckhard beim Eintauchen der Schnittfläche eines Nerven in eine Lösung caustischer Alkalien erhielt. Es hatte sich hier eine deutliche Abhängigkeit von der Concentration der Lauge gezeigt, insofern bei ganz verdünnten ½ bis 1%igen Lösungen die Anfangszuckung fehlen konnte. Auch in meinen Versuchen waren es hauptsächlich concentrirte Salz- und Harnstofflösungen, welche die Anfangszuckung hervorbrachten. Am häufigsten wurde sie nach dem schnell diffundirenden Chlorkalium in gesättigter und 10%iger Lösung beobachtet. Die Ursache ist wohl in beiden Fällen eine Reizung des Nervenquerschnitts in Folge einer Art von Anätzung und beruht nicht auf einer Wirkung des Nervenstromes (Hermann II 1. S. 100), denn sonst müssten solche Concentrationsgrade, welche das beste Leitungsvermögen besitzen, den grössten Erfolg haben. Bisweilen wurde eine grössere Zuckung erst nach einiger Zeit erhalten.

Ich habe die eben besprochene Anfangszuckung so selten gesehen, dass sie bei der weiteren Schilderung der durch die angewandte Reizung hervorgerufenen Muskelcontractionen unberücksichtigt bleiben kann. Erst nach einiger Zeit, selten gleich mit Beginn der chemischen Reizung, treten nun weitere Zuckungen auf, welche nach Intensität und Dauer von der grössten Verschiedenheit sind.

Die Muskelbewegungen finden nicht mit gleichbleibender Intensität statt, sondern treten zeitweise mit verstärkter Kraft auf.

Es kommt so zur Bildung von Gruppen, welche oft durch Ruhepausen getrennt sind. Bei stärkerer Nervenerregung pflegen die Abtheilungen wenigstens theilweise verschmolzen zu sein (Fig. 1). Aber auch dann ist an den vielen Hebungen und Senkungen der Curve das periodische Anschwellen der Reizung meist deutlich erkennbar.

Die Dauer und Intensität der Zuckungsgruppen ist zuerst meist unbedeutender. Es findet dann eine schnelle Steigerung statt. Die Abnahme erfolgt sehr langsam.

Die erste Gruppe ist häufig durch schnelles Anwachsen und Fallen der einzelnen Zuckungshöhen ausgezeichnet (Fig. 2a). In der nächsten Abtheilung erfolgen Ansteigen und Abnahme langsamer (b). Einen dritten Typus zeigen endlich die späteren Gruppen, indem die Zuckungen gleich eine bedeutendere Höhe erreichen und dann allmählich niedriger werden; es fehlt hier also gleichsam ein aufsteigender Theil (c). Entsteht durch Summation ein Tetanus, so zeigt er die für die aufgestellten Arten von Gruppen beschriebene Gestalt.

Wenn die Muskelcontrationen nicht in einzelne deutlich getrennte Gruppen zerfallen, sondern in ununterbrochener Reihenfolge auftreten, so zeigt ebenfalls die Curve in der Regel eine allmähliche Steigerung (Fig. 3). Zuerst findet oft unter langsam sich ausbildender bleibender Contraction eine geringe Zusammenziehung einzelner Fasern statt, was auf der Trommel als Zuckung oder als Welle verzeichnet ist. Die Anzahl der ergriffenen Muskelbündel nimmt zu, erst langsamer dann schneller. Die Intensität der Reizung wächst zugleich an. Die Zuckungen werden daher höher. Die Form der Curve ist jetzt mannichfaltiger wegen der Superpositionserscheinungen. Schliesslich befindet sich der ganze Muskel in Thätigkeit, und die heftigsten Contractionen vollziehen sich, lassen dann allmählich nach oder enden in einem lange anhaltenden Tetanus. Langsames Ansteigen der Curve findet sich besonders nach concentrirter Kochsalzlösung. Verdünnte Chlornatriumlösungen, Harnstoff und zumal Chlorkalium erzeugen meist nur kürzere Tetani und bewirken oft hauptsächlich Einzelzuckungen. Die Erscheinungen der Superposition, das Entstehen des Tetanus aus einer Summation von Reizen zeigt sich besonders deutlich bei den Harnstofflösungen.

Das allmähliche Eindringen der Salzlösung in den Nerven be-

wirkt, dass die Curve der Dauercontraction selbst noch auf ihrer Höhe einen wellenförmigen Verlauf besitzt (Fig. 1). Mit beginnendem Abfall des Tetanus, welcher gleichsam als eine Unterstützung des Muskels (v. Frey) dient, werden die aufgesetzten Zuckungen meist wieder höher. In manchen Fällen hat eine solch intensive Dauercontraction sich ausgebildet, dass das Absinken nur ein sehr langsames ist. Die meist erst etwas höher werdenden aufgesetzten Zuckungen nehmen bald ab, um immer niedriger zu werden und schliesslich vollständig zu schwinden. Dieser Theil der Curve ist ausgezeichnet durch in Zwischenräumen auftretende Muskelcontractionen eigenthümlicher Art. Dieselben erstrecken sich über einen grösseren Zeitraum, steigen steil und hoch an und fallen langsam (Fig. 4a und Fig. 1a), es entsteht so eine grosse Aehnlichkeit mit der Muskelzuckung bei der Veratrinvergiftung. Bei der Nervenreizung mit Chlorkalium ist sie weniger häufig und undeutlich. Es handelt sich hier offenbar um denselben Vorgang, der als dritter Typus der Zuckungsgruppen beschrieben wurde.

Wie dringen die Lösungen in den Nerven ein?

Die Harnstoff- und Salzlösungen gelangen offenbar sowohl von der Schnittfläche aus als auch durch die Scheide in das Innere. Der Nerv ist gleichsam ein aus parallel angeordneten Strängen zusammengesetztes Gebilde, in dem die Zwischenräume mit lockerem Bindegewebe erfüllt sind. Das Ganze ist von einer derben Membran umgeben. Nach dieser Zusammensetzung sind die osmotischen Verhältnisse für den Querschnitt entschieden günstiger. Doch ist hier stets eine gewisse Strecke todter Nervensubstanz, welche von der Lösung erst überwunden werden muss, ehe eine Reizung eintreten kann. Hermann will daher wenigstens älteren Querschnitten keine grössere Bedeutung beimessen als dem Wege durch die Nervenscheide. Die von mir angestellten Untersuchungen können diese Ansicht nicht unterstützen.

Zunächst ist das Alter des Nervenquerschnittes von verhältnissmässig geringem Einfluss auf das Auftreten der ersten Zuckungen. In einer Versuchsreihe mit gesättigter Kochsalzlösung begannen die ersten Bewegungserscheinungen nach 1,1 Minuten (22 Versuche). Die Zahl wird nur wenig vergrössert, nämlich auf 1,6, wenn 14 Versuche mitgerechnet werden, in denen nicht frische

Präparate verwandt wurden. Letztere hatten im Mittel 63 Minuten in physiologischer Kochsalzlösung gelegen.

Die Zuckung, welche bisweilen gleich beim Beginne der Einwirkung der Lösungen auf den Nerven eintrat, scheint wenigstens meist auf Reizung des Querschnittes zurückgeführt werden zu müssen.

Auch die Beschaffenheit der Gruppen, in welche die ausgelösten Muskelcontractionen sich zu sondern pflegen, deutet darauf, dass der erste Angriffspunkt der Querschnitt ist. Nach concentrirter Kochsalzlösung zerfallen, was schon Harless beobachtete, sämmtliche Bewegungserscheinungen häufig in zwei deutlich getrennte Abtheilungen, von denen die erste von kurzer Dauer ist und in der Regel schnelleres Ansteigen der Contractionen zeigt (Fig. 1). Dieselbe Erscheinung fand sich auch nach concentrirter Chlorkaliumlösung bei sehr erregbaren Präparaten. Verdünnte Chlorkaliumlösungen liessen sehr häufig die Zuckungen ebenfalls in zwei Abtheilungen jedoch in weiteren Zwischenräumen auftreten: Die eine, kurze Zeit dauernde, trat nach $^1/_2$ Minute auf, die andere anhaltendere stellte sich erst nach etwa 12—27 Minuten ein. Auch Harnstoff bewirkte zuerst oft einige stärkere Contractionen, welche der gleichzeitigen Reizung einer grösseren Anzahl Fasern, also dem Querschnitt, ihren Ursprung verdankten.

Die Nervenscheide, welche der Osmose grössere Hindernisse bereitet, lässt die einwirkende Substanz weniger schnell durch. Von hier aus ist daher die Reizung langsamer. Dass die Länge des eingelegten Nervenstückes von grossem Einfluss auf die Intensität und Dauer der eintretenden Erscheinung ist, muss als selbstverständlich angenommen werden. Ferner werden sicherlich die Querschnitte der vom Nervus ischiadicus abgehenden ungleich langen Seitenäste als Eingangspforten benutzt. Es ist daher leicht begreiflich, dass die Geschwindigkeit, mit welcher die Lösungen eindringen, keine gleichmässige ist, sondern bisweilen eine Steigerung erfährt, gleichsam stossweise stattfindet. Am deutlichsten zeigt sich das bei dem langsam diffundirenden Kochsalz, am wenigsten beim Chlorkalium.

Um Aufschluss über die Bedeutung des durch die Nervenscheide gesetzten Hindernisses zu erlangen, wurden Versuche am unverletzten Nerven angestellt. Der decapitirte Frosch befand sich in horizontaler Lage auf einer geeigneten Platte. Die Achilles-

sehne war in einer Ausdehnung von etwa 2cm freigelegt und stand mit dem Schreibhebel in Verbindung. Die Haut und Muskulatur der Lendengegend waren dicht am Steissbein bis auf den Nervenplexus, der möglichst geschont wurde, durchtrennt. Vom Rande der Wunde wurde ein wenig abgetragen, damit der Spalt weiter klaffen sollte. Die Lösung floss aus einer Pipette auf den Nervenplexus. Um ein Uebergreifen der Substanz auf den Schenkel zu verhindern, war dieser an zwei Stellen mit einem eingefetteten Faden umschnürt. Die nach dem Rumpfe zu gelegene festere Ligatur lief unter dem Nervus ischiadicus durch. Die periphere befand sich über dem Kniegelenk und auf völlig unverletzter Haut. Die Oberschenkelwunde war ebenfalls mit Vaseline bedeckt.

In diesen Versuchen war die gesättigte Chlorkaliumlösung am wirksamsten. Es traten alsbald bedeutende Dauercontractionen auf und bald danach war der Nervenplexus vollständig unerregbar, wenn der Versuch nicht nach kurzer Zeit unterbrochen wurde. Auch concentrirte Kochsalzlösung rief intensivere Erscheinungen hervor, hauptsächlich grosse Zuckungen von etwas gestrecktem Verlauf. Eine längere Dauercontraction wurde nicht beobachtet; auch hatte der Nerv am Ende des Versuches nie seine Erregbarkeit eingebüsst, welche dagegen in wenigen Minuten vernichtet war, wenn die Lösung nach der Nervendurchschneidung noch einwirken konnte. Harnstoff hatte einen geringen Erfolg. Noch unbedeutender waren die Erscheinungen nach verdünnten Salzlösungen. Es zeigte also nur concentrirte Chlorkaliumlösung eine Wirkung, welche mit der bei der Einlage des abgeschnittenen Nerven verglichen werden konnte.

Ich lasse hier einige Versuche folgen, in denen ich auf die Schnelligkeit achtete, mit welcher der isolirte Nerv in den Lösungen seine Erregbarkeit einbüsste.

Versuch.

4 h. 1. Einlage des Nerven in conc. $\overset{+}{U}$-L.
4 h. 9. Das centrale Drittel unerregbar.
4 h. 28. Der Nerv zur Hälfte unempfindlich.
4 h. 45. Zwei Drittel reagiren nicht mehr auf den electrischen Strom.

Versuch. Es wurde festgestellt, bei welchem Rollenabstande vom centralen Ende (A), von der Mitte (M) und von dem ausser der Lösung befindlichen Theile (E) des Nerven aus Zuckungen auftreten.

5 h. 25.	A 36,5	M 30	E 31,5
5 h 26.	Einlegung in conc. KCl-L.		
5 h. 30.	A	M 24,5	E 30
5 h. 35.	A	M 13	E 20
5 h. 40.	A	M 4,5	E 16
5 h. 45.	A	M	E 13
5 h. 50.	A	M	E 10.

Diese Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, dass das Absterben des Nerven vom freien Ende aus und zwar Anfangs besonders schnell erfolgt, was für das Eindringen der Flüssigkeit durch die Schnittfläche spricht:

Diese Resultate fanden ihre Bestätigung durch die nach Abbindung des Nervenquerschnittes entstehenden Erscheinungen. Das zweite Nervmuskelpräparat diente zum Vergleich: Als Reizmittel wurde nur concentrirte Kochsalzlösung benutzt, von der allein mit einander gut vergleichbare Resultate erwartet werden konnten. An dem Muskel, dessen Nervenende umschnürt war, traten die Zuckungen etwas später auf, nahmen langsamer an Höhe zu und der Tetanus war weit niedriger als in dem Controlversuche (Fig. 5).

Nach den vorhergehenden Auseinandersetzungen und den angeführten Versuchen muss man, glaube ich, annehmen, dass bei Einlegung von Nerven in eine Lösung, welche das Gewebe natürlich nicht schnell verändern darf, das Eindringen der Flüssigkeit hauptsächlich vom Nervenquerschnitt aus erfolgt.

Aus diesen Ausführungen darf wohl gefolgert werden, dass die Eckhard'sche Deutung der bei chemischer Nervenreizung eines stromprüfenden Unterschenkels entstehenden Muskelbewegungen nicht richtig sein kann. Der eben genannte Forscher sucht nämlich die Beobachtung A. v. Humboldt's, dass die Zuckungen zuerst an den Zehen auftreten und dann aufsteigen, durch eine oberflächliche Lagerung der zur Fussmuskulatur hinziehenden Nervenfasern im N. ischiadicus zu erklären. Zur Verfolgung dieser Frage stellte ich einige Versuche mit chemischer Reizung des Rückenmarks an. Die benutzten Thiere waren auf den Bauch gebunden. Ein Bein war frei. Der Oberschenkel desselben wurde mit Schonung des Ischiadicus durchschnitten. Die Reizung des Rückenmarks geschah dicht unterhalb der Abgangsstelle der Axillares, also in hinreichender Entfernung von den

Schenkelnerven an einem frisch angelegten Querschnitte mit concentrirter Kochsalzlösung. Die an dem präparirten freiliegenden Unterschenkel auftretenden Contractionen waren meist sehr geringfügig; aber hauptsächlich und zuerst wurden Bewegungen der Fussmuskulatur beobachtet. Es scheint also wahrscheinlich zu sein, dass die einzelnen Nerven eine verschiedene Erregbarkeit besitzen (s. Hermann II, 1. S. 100) und nicht in der von Eckhard vermutheten Weise gelagert sind.

Es wäre auch denkbar, dass die Zehenmuskulatur desshalb zuerst in Bewegung geräth, weil ein Anschwellen des Reizes im Verlauf durch den Nerven stattfindet, indem also eine geringere Reizgrösse für entferntere Muskeln nothwendig ist (s. Hermann II, 1. S. 24 und 25), um Zuckungen auszulösen.

Durch die Lösungen bedingte chemische Nervenveränderungen.

Ueber das Verhalten der Erregbarkeit soll später die Rede sein.

Durch gesättigte Lösungen werden gröbere Veränderungen des Nerven, welche zu seinem Tode führen, hervorgerufen. Die einzelnen Substanzen verhalten sich verschieden. Bei sehr langer Einwirkung ist nach gesättigter Kochsalzlösung eine Schrumpfung des Nerven mit leichter Gelbfärbung erkennbar. Diese Erscheinungen treten so spät ein, dass sie kaum noch in die Zeit des Versuches fallen.

Ein Nerv, welcher längere Zeit mit concentrirter Chlorkaliumlösung in Berührung gewesen ist, hat ein rein weisses Aussehen und an Breite eher zu- als abgenommen.

Am auffälligsten verändert Harnstoff den Nerven. Richter beschreibt und Buchner bestätigt eine sehr starke Schrumpfung und Eintrocknung mit Gelbfärbung. Diese Erscheinungen treten bei concentrirter Harnstofflösung schon nach wenigen Minuten ein.

Ausser der Austrocknung des Nerven erkennt man, dass derselbe sich gelatinös anfühlt. Es handelt sich dabei um eine besondere Wirkung des Harnstoffs auf das Bindegewebe. Legt man einen Froschmuskel in starke Harnstofflösung, so wird er sulzig, lässt sich leichter zerdrücken, die Sehne ist unschwer abzuziehen. Mikroskopisch sind an mit Picrokarmin gefärbten Präparaten keine besondern Muskelveränderungen sichtbar. Während lockeres Bindegewebe in kurzer Zeit, Sehnenscheiden auch noch schnell durch

Harnstoff umgewandelt werden, leistet Sehnengewebe einen grösseren Widerstand. Man erhält eine schleimige fadenziehende, bei geringem Erwärmen in Wasser lösliche Masse.

Die Lösung wird nicht durch Essigsäure und Ferrocyankalium gefällt, gibt aber Niederschläge mit Gerbsäure, Jodquecksilberjodkalium oder Phosphorwolframsäure nach dem Hinzufügen von Salzsäure. Man muss also wohl annehmen, dass es sich um eine Umwandlung des Bindegewebes in Leim durch starke Harnstofflösungen handelt. Es scheint eine weitere Veränderung der Gallerte in Peptone stattzufinden (Biuretreaction).

Ueber etwa eintretende Zersetzung des Harnstoffs wurden zwei quantitative Versuche mit zerkleinerten Rindersehnen angestellt. Die angewandten Harnstoffmengen waren 3,2843 u. 1,8229 gr; durch zweimalige Extraction, zuletzt mit 96 $^0/_0$igem Alkohol wurden 3,2561 und 1,8067 gr wieder gefunden. Eine nennenswerthe Umwandlung des Harnstoffs tritt also nicht ein. Es handelt sich vielleicht um einen katalytischen Vorgang.

Schwefelharnstoff zeigt dieselbe Wirkung, dagegen nicht salpetersaurer oder oxalsaurer Harnstoff, welche nur eine geringe Löslichkeit besitzen. Diese eigenthümliche Veränderung der Gewebe der Bindesubstanzen verdient vielleicht eine gewisse Anwendung in der mikroskopischen Technik und scheint dem durch ätzende Alkalien herbeigeführten Processe analog zu sein.

Die Schrumpfung und Verfärbung des N. ischiadicus durch starke Harnstofflösungen scheint lediglich die Folge starker Wasserentziehung zu sein, wie bereits Buchner nachzuweisen suchte, indem das zur Umwandlung des Bindegewebes nothwendige Wasser den Nervenfasern theilweise entnommen wird. Hierfür spricht, dass Nervenverkürzung und Verfärbung in schwächerem Maasse durch Kochsalz herbeigeführt wird. Ein Brei von Chlorcalcium hat eine starke Harnstofflösungen ähnliche austrocknende Wirkung, der Nerv wird hart, geschrumpft und stark verfärbt.

Verhalten des Muskels bei der chemischen Nervenreizung.

Wenn man von der grösseren Gesammtzuckung absieht, welche den Versuch häufig einleitet, so ist das langsame Ansteigen der eintretenden Bewegungserscheinungen und die ungleichzeitige Thätigkeit der einzelnen Muskeltheile, wie bereits oben schrieben ist, vor allem auffallend. Die heftigsten Zuckungen und

Dauercontractionen können ziemlich lange Zeit bestehen und so bedeutend sein, dass der Muskel in vereinzelten Fällen auf den electrischen Strom überhaupt kaum noch reagirt.

Die Höhe der Dauercontraction ist sehr verschieden. Die Curve erhebt sich bisweilen nur wenig über die Abscisse. Besonders nach concentrirter Kochsalzlösung ist der Muskel häufig ad maximum contrahirt von der Form einer Olive, ein Erfolg, der nur wenig hinter der electrischen Reizung zurücksteht. Solch intensive Tetani wurden nicht immer erhalten, schon desshalb, weil die Reize sich nicht von vornherein auf alle Fasern erstreckt und verhältnissmässig langsam ansteigt. Das Absinken einer starken Dauercontraction erfolgt bei unbelastetem Muskel sehr langsam, zuletzt wird es oft kaum merklich, so dass es nur noch durch das geringe Gewicht des Hebels verursacht zu werden scheint.

Nach den Bohr'schen Untersuchungen über den Tetanus muss man sich auch die Dauercontraction nach chemischer Nervenreizung zusammengesetzt denken aus der eigentlichen Tetanuscurve und aus der Verkürzungsrückstand (Hermann) oder Contractur (Tiegel) genannten Grösse. Letztere, welche mit der Dauer der chemischen Reizung besonders durch gesättigte Chlornatriumlösung zunimmt, lässt sich sehr gut am unbelasteten Muskel verfolgen. Wenn man bei einige Zeit bestehender Dauercontraction die Salzlösung durch Nervendurchschneidung entfernt, so sinkt der Hebel bis zu der Höhe, welche der Curve der Contractur entspricht (Fig. 6). Wird der Nerv unterhalb der chemisch gereizten Stelle durchtrennt, nachdem die maximale Muskelcontraction eben nachzulassen begonnen hat, so erfolgt eine geringe Muskelzuckung, die Curve aber fällt nicht schneller ab. In diesem Stadium ist die corrigirte Höhe des Tetanus (Bohr) gleich Null, und die ganze Muskelverkürzung ist als Contractur zu bezeichnen. Der Muskel verhält sich jetzt hochgradig ermüdet, auf directe electrische Reizung antwortet er in bekannter Weise mit rascher Verkürzung und langsamer Wiederausdehnung. Schon Kölliker fand, dass nach wirksamer chemischer Nervenreizung baldige Todtenstarre eintritt.

Durch die Muskelermüdung finden auch jene eigenthümlichen Contractionen, welche an das Verhalten des Muskels bei der Veratrinvergiftung erinnern, eine genügende Erklärung. Geringe Reize sind ohne Erfolg. Erst eine stärkere Erregung ist im Stande den

Muskel zur Zusammenziehung zu zwingen. Letztere steigt steil und zu auffallender Höhe an, was in den später zu besprechenden Erregbarkeitsverhältnissen seine Erklärung findet. Die Wiederausdehnung ist eine rehr langsame.

Um über die wellenförmige Beschaffenheit der Curve, welche besonders häufig im Beginne der Chlornatriumwirkung sich zeigt, Aufschluss zu erhalten, wurde mit dem durch parallelen Faserverlauf sich auszeichnenden M. sartorius experimentirt. Da die zu letzterem tretenden kleinen Nervenzweige zwischen den an der inneren Schenkelseite liegenden Muskeln versteckt liegen, so durften diese nur zum Theil entfernt werden; es wurde aber wenigstens eine Insertion durchtrennt, so dass ihre Bewegungen nicht in Betracht kamen. Auch blieb ein Theil des Oberschenkels erhalten. Es zeigte sich in diesen Versuchen, dass der Faserverlauf keinen wesentlichen Einfluss ausübt. Die wellenförmigen Contractionen, welche auch auf der Höhe der tetanischen Curve sich befinden, müssen wohl durch geringe langsame Zusammenziehungen der Muskelbündel erklärt werden. Durch eine verdünnte Chlorkaliumsolution wurde häufig eine kaum bemerkbare dauernde Zusammenziehung des Muskels beobachtet, wohl weil Chlorkalium leichter und daher gleichmässiger diffundirt.

Durch chemische Nervenreizung von curarisirten Präparaten wurde die Ueberzeugung erlangt, dass ein Uebergreifen der Lösungen auf den Muskel nicht stattfand.

Die Anwendung einer in den oben angegebenen Grenzen sich bewegenden Belastung übte auf den Verlauf und die Form der Muskelbewegungen einen bedeutenden Einfluss aus. Die nach starker chemischer Nervenreizung auftretende Dauercontraction hielt weniger lange an in Folge einer Dehnung des durch Ermüdung im contrahirten Zustande verharrenden Muskels. Aber die dann noch auftretenden Zuckungen schienen nicht geschwächt zu sein. Anders verhielt es sich mit verdünnten Salzlösungen. Die Erscheinungen wurden durch die Belastung entschieden herabgesetzt. Die Dauercontractionen waren seltener und niedriger. Die einzelnen Zuckungen sind oft nur rudimentär oder erscheinen selbst unterdrückt.

Das Verhalten der Erregbarkeit des Nerven und Muskels.

Durch die locale Application der Salz- oder Harnstofflösungen auf den Nerven wurde stets zunächst eine ganz bedeutende Steige-

rung der Erregbarkeit herbeigeführt (Ssubotin[1]) Buchner, Mandelstam). Bei einem viel weiteren Rollenabstand des Schlittenapparates als vorher traten Muskelcontractionen auf. Die Ursache hiervon kann eine zweifache sein. Durch die Einwirkung der Lösung könnten die Nervenelemente eine solche Aenderung erfahren, dass der Uebergang in den thätigen Zustand vielleicht durch den Wegfall gewisser Hemmungen erleichtert ist. Wahrscheinlicher aber ist, dass der Nerv eine directe Reizung erfährt, welche nicht stark genug ist, um allein Muskelcontractionen hervorzurufen. Hierfür spricht auch der Umstand, dass man bisweilen durch eine einmalige electrische Reizung einen Tetanus auslösen kann (Ssubotin). Besonders ausgeprägt habe ich denselben erhalten, wenn ich den Nerven mit einem Brei von Chlorcalcium umhüllt hatte. Das Anwachsen dieser vermehrten Erregbarkeit ist ein allmähliches.

Tod des Nerven und Erregung desselben gehen schon nach den Untersuchungen von Kölliker und Buchner nicht nothwendig mit einander parallel. Dagegen ist nach dem Aufhören der Muskelzuckungen die Nervenerregbarkeit stets sehr herabgesetzt, kann aber wenigstens nach der Einwirkung verdünnter Lösungen durch den electrischen Strom noch deutlich nachweisbar sein. Dass die electrische Nervenreizung wenig oder keinen Erfolg hat, findet theils durch die oft hochgradige Muskelermüdung, theils durch eine Lähmung der nervösen Elemente eine genügende Erklärung. Concentrirte Lösungen zerstören den Bau des Nerven und hinterlassen ihn, nachdem die Muskelzuckungen vollständig verschwunden sind (der Muskel selbst kann noch in starker Contractur verharren) innerhalb der Lösung meist völlig unerregbar, was mit den bisherigen Beobachtungen von Eckhard, Ordenstein und Kölliker übereinstimmt.

Die Erregbarkeitsverhältnisse wurden ganz besonders verfolgt, nach der oben beschriebenen messenden Methode. Das Verhalten der Hubhöhen und Zuckungsgrössen liess den Einfluss der Nervenreizung deutlich erkennen.

In diesen Versuchen wurde zunächst nur electrisch in Intervallen gereizt, um die normalen Zuckungshöhen zu erhalten. Diese

1) Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1866; citirt nach Hermann II, 1. S. 100.

zeigten, nachdem die reizende Solution langsam auf den Nerven gebracht worden war, meist zunächst keine Aenderung, wuchsen aber mit beginnender Wirkung der Lösungen sofort an und waren auf der tetanischen Curve stets aufgesetzt (Fig. 7), mit dem Ansteigen der Dauercontraction niedriger werdend. Mit dem Abfallen derselben wurden die Zuckungshöhen bei Anwendung maximaler Reize wieder grösser und zwar in einer zur Curve divergirenden Linie. Jetzt zeigte sich der Erfolg der electrischen Reizung im Vergleich zum Beginn des Versuches entschieden vermehrt. Die Zuckungshöhen sind bedeutend grösser als vorher. Der Muskel kann diese stärkeren Contractionen nur kurze Zeit ausführen. In Folge der durch die chemische Nervenreizung herbeigeführten Muskelveränderung nehmen die Hubhöhen in ähnlicher Weise, wie es Kronecker und Tiegel für den ermüdeten Muskel gezeigt haben, nur schneller ab.

Bei verdünnten Salzlösungen, welche weniger constant eine Dauercontraction hervorrufen, ist der Höhepunkt der Reizung durch eine Gruppe besonders hoher Einzelzuckungen angedeutet (Fig. 8).

Da die durch die regelmässigen Oeffnungsschläge ausgelösten Zuckungen bedeutend grösser sein können, wenn keine durch die Salzlösung bewirkten Erscheinungen mehr sichtbar sind, so ist wenigstens in diesem Stadium des Versuches eine einfache Superposition der Reize wahrscheinlich. Entfernung des chemisch gereizten Nerventheiles nach beendetem Tetanus hatte keine Aenderung zur Folge. Um dem Einwande zu begegnen, dass die Salzlösung bis in die Nähe des Muskels gelangt sei, wurde der Nerv auf der Höhe der Dauercontraction bald nach Beginn der Einwirkung der Salzlösung durchschnitten. Dass letztere vollständig ausgeschaltet war, konnte man an dem sofortigen vollständigen Sinken des Hebels bis zur Abscisse und daran erkennen, dass keinerlei vom Nerven ausgehende Zuckungen auftraten. In allen diesen Fällen zeigten sich die Hubhöhen bedeutend gegen die Anfangszuckung vergrössert (Fig. 8 u. 9).

Man muss also wohl annehmen, dass durch die erfolgreiche chemische Nervenreizung das Nervmuskelpräparat in einen Zustand erhöhter Erregbarkeit gelangt. Dieselbe kann auch dann noch erkennbar sein, wenn der Muskel schon deutlich ermüdet ist. Es besteht eine gewisse Abhängigkeit von der angewandten Stromstärke, da der Muskel für geringe Stromintensitäten zu schnell

ermüdet (Fig. 10). Mit maximalen electrischen Reizen erhält man die Erscheinung am prägnantesten.

In der Litteratur finden sich ähnliche Angaben, die hier erwähnt werden müssen. Bei Versuchen mit electrischer Reizung in gleichen Intervallen beobachtete Tiegel, dass, wenn der Strom plötzlich verstärkt dann die secundäre Rolle zur früheren Entfernung zurückgebracht wurde, die ersten Zuckungen höher sind als vor der Anwendung des stärkeren Reizes. Dies Resultat wurde nur vom Nerven aus erhalten. Rossbach und Harteneck fanden bisweilen nach einem Tetanus einen Reiz kurze Zeit wirksamer als vorher. Bohr bezeichnet diese Nachwirkung des Tetanus als eine regelmässige von der Contractur unabhängige Erscheinung. Der „Treppe" genannte Vorgang (Bowditch), den Minot auch für kurz dauernde in Abständen von 20 Secunden auf einander folgende Tetani bestätigte und bereits für eine Erhöhung der Erregbarkeit hielt, das allmähliche Ansteigen des Tetanus und die übermaximalen Zuckungen müssen hier gleichfalls angeführt werden.

Um diese Verhältnisse weiter zu verfolgen, wurde in einer Reihe von Versuchen die Salzlösung durch einen tetanisirenden Strom ersetzt. Letzterer spielte verschieden lange Zeit. Um den Muskel weniger zu ermüden, wurden meist kurz dauernde Tetani angewendet, welche bisweilen in regelmässigen Intervallen einander folgten, indem die Drähte vom Schlittenapparat in der Regel zu dem oben erwähnten Stromwender hingeführt wurden, so dass meist nur ein Electrodenpaar am Nervmuskelpräparat befestigt war und sowohl den tetanisirenden Strom als die regelmässigen Oeffnungsschläge übertrug.

Figur 11 zeigt ein so erhaltenes Bild. Die Tetani lassen zuerst das bekannte Anwachsen der Höhen erkennen, und werden dann niedriger. Trotz der Contractur, welche sie hinterlassen, sind die in gleichen Intervallen auftretenden Zuckungen höher als vorher. Dies Resultat wurde schon nach kurz dauerndem Tetanisiren gewonnen. Wurde letzteres wiederholt, so konnten die Zuckungshöhen von Neuem grösser werden. Sehr starke Ermüdung bildete erst die Grenze. War der Tetanus von etwas längerer Dauer, so dehnte sich der Muskel nach demselben nicht mehr vollständig aus.

Die auf der tetanischen Curve aufgesetzten Zuckungen waren oft trotz der Muskelverkürzung höher als vorher (Fig. 11). Durch

neues Tetanisiren konnte die Contractur stets wieder gesteigert werden bis zur völligen Ermüdung. Die aufgesetzten Zuckungshöhen wurden dann allerdings immer niedriger (Fig. 12). Schliesslich vermochte der Muskel auf den kräftigsten Reiz nicht mehr zu reagiren.

Auf der Spitze der Curve eines maximalen Tetanus, welcher die stärkste Contraction des Muskels vorstellt (v. Frey), waren die durch die periodischen Reize bewirkten Zuckungen nicht aufgesetzt.

Es machte keinen Unterschied, ob ich den Muskel oder den Nerven oder beide reizte. Auch die Versuche mit curarisirten Muskeln zeigten dasselbe Verhalten. Der Sitz der Erscheinung ist also der Muskel.

Zu ihrer Erklärung weist Buckmaster auf eine zweifache Möglichkeit hin. Durch die Reizung könnte der Stoffwechsel in der Weise angeregt werden, dass für die nächstfolgenden Contractionen ein grösseres Verbrauchsmaterial vorhanden wäre, oder es könnten gewisse Hindernisse entfernt werden. Da die erhöhten Zuckungen auch am ermüdeten Muskel noch vorkommen und längere Zeit anhalten können, so möchte ich mehr an eine andere Ursache, an eine Veränderung von Elasticitätsverhältnissen glauben. Es sprechen hierfür auch noch andere Thatsachen. Die Treppe entsteht nur bei kleinen Reizintervallen (Rossbach, Bowditch, Buckmaster). Wenn eine Zuckungsreihe unterbrochen wird, so bleiben nach der Pause die ersten Zuckungen unter der zuletzt erreichten Höhe (Tiegel, Rossbach). Diese Verhältnisse lassen sich durch die Annahme eines chemischen Prozesses in der oben angedeuteten Weise sicherlich nicht am einfachsten erklären. Es ist wohl eine allgemeine Eigenthümlichkeit des Muskels, dass die Contractionen durch die Thätigkeit selbst zunehmen, natürlich bis zu einer gewissen Grenze. Auch bei den durch den Willensimpuls hervorgerufenen Muskelbewegungen lässt sich oft anfangs eine zunehmende Erleichterung wahrnehmen.

Vergleich der chemischen Nervenreizung mit der electrischen.

Ein grosser Unterschied ist zunächst darin begründet, dass bei der chemischen Nervenreizung die Erregung sich nicht gleichzeitig auf sämmtliche Nervenfasern erstreckt.

Der electrische Reiz ist der entschieden wirksamere. Wenn der Erfolg der Lösungen gering ist oder gar fehlt, so kann man durch den maximalen electrischen Strom fast stets noch starke Contractionen hervorrufen. Allerdings durch gesättigte Kochsalzlösung wird der Muskel, wie man aus dessen Ermüdung schliessen muss, häufig zu so angestrengter Arbeit gezwungen, dass dieselbe hinter dem Erfolge der electrischen Reizung wenig zurück steht.

Durch den electrischen Strom wird die Erregbarkeit des Nerven in der für die Versuche in Betracht kommenden Zeit kaum herabgesetzt (Bernstein, Wedenskii). Anders verhält es sich mit den Salzlösungen; selbst verdünntere lähmen den Nerven.

Secundäre Zuckungen bei chemischer Nervenreizung wurden von du Bois-Reymond und Eckhard nicht erhalten. Harless scheint der einzige zu sein, der einen secundären Tetanus beschreibt.

Bei der Nachuntersuchung dieser Angabe wurden die etwa entstehenden Contractionen des secundären Muskels auf der rotirenden Trommel verzeichnet. Der primäre Muskel, dessen Nerv mit concentrirter Kochsalzlösung übergossen wurde, hing frei. Die Versuche wurden in der zweiten Hälfte des Februar angestellt mit Präparaten von Thieren, welche in einem kalten Raume aufbewahrt wurden, wodurch die Empfindlichkeit nach v. Frey sehr gesteigert wird.

Von den angestellten 7 Versuchen verlief kein einziger völlig negativ. Es traten meist vereinzelte Zuckungen des secundären Muskels auf, welche in kleine Gruppen angeordnet waren. Diese sind nach der mehrfach erwähnten Weiterverbreitung der Salzlösung innerhalb des Nerven mit den Phasen stärkerer Erregung des primären Nerven zu identificiren. Durchschneidung des letzteren, also ein mechanischer Reiz, vorgenommen am Ende des Versuches, bewirkte 4 mal secundäre Zuckung, 3 mal nicht.

Ein Fall hatte einen solchen Erfolg, dass er besonders angeführt zu werden verdient. Das Aufgiessen der gesättigten Salzlösung auf den primären Nerven bewirkte sofort eine bedeutende secundäre Zuckung. Nach $^1/_3$ Minute traten einige niedrige Contractionen auf, welche in die heftigsten Bewegungen übergingen. Es kam dann zur intensiven Dauercontraction, welche eine leicht wellenförmige Curve aufschrieb. Die Bewegungserscheinungen in

diesem Versuche waren so heftig, wie sie bei directer Nervenreizung nicht stärker erhalten werden. Leider war keine Vorrichtung getroffen, um auch den primären Muskel seine Curve aufschreiben zu lassen.

Der negative Erfolg der meisten früheren Untersuchungen beruht wahrscheinlich darauf, dass zu ungeeigneter Jahreszeit oder mit zu wenig empfindlichen Präparaten experimentirt wurde. Auch ist die graphische Methode die geeignetste, da sonst vereinzelte Zuckungen und geringe Contractionen leicht übersehen werden.

Ueber die Ursache der Nervenreizung durch Salze und Harnstoff.

Bei der Einlegung von Nerven in eine Lösung der angewendeten Substanzen findet ein osmotischer Prozess statt. Es werden dem Nerven nicht allein gewisse Bestandtheile entzogen, sondern die Solution dringt auch in denselben ein. Das Verhältniss zwischen diesen beiden Prozessen muss sich natürlich je nach der Concentration der einwirkenden Flüssigkeit sehr verschieden gestalten.

Ueber eine Beeinflussung der chemischen Vorgänge im Innern der Nerven, auf welche Ranke und Bernstein bei der chemischen Nervenreizung hinweisen, lassen sich hinsichtlich der neutralen Alkalisalze oder des Harnstoffs bis jetzt wohl kaum Vermuthungen aufstellen. Ein hoher Gehalt der Flüssigkeit an fester Substanz scheint weniger Nervenreizung zu bedingen als den Tod des Nerven herbeizuführen. Hierfür spricht, dass concentrirte Lösungen von Harnstoff und Chlorkalium den Nerven tödten können, ohne dass Zuckungen auftreten.

Eckhard und Kühne zerstörten durch chemisch sehr wirksame Substanzen das Gefüge des Nerven, während der Muskel sich vollständig bewegungslos verhielt.

Eckhard und Buchner suchten die Nervenreizung durch indifferente Stoffe hauptsächlich durch Wasserentziehung zu erklären. Ohne Zweifel ist dieser eine grosse Rolle beizumessen. Es muss wohl gleichgültig sein, ob der Nerv eintrocknet, oder ob eine eingedrungene Substanz die Eintrocknung bewirkt.

Es ist aber nicht richtig, die chemische Nervenreizung durch Salze lediglich auf Wasserentziehung zurückzuführen. Dass Aus-

waschen den durch eine Salzlösung gereizten oder unerregbar gewordenen Nerven beruhigt und von Neuem belebt (Eckhard, Kölliker, Schiff, Buchner), kann nicht durch eine Veränderung des Wassergehaltes allein erklärt werden.

Die erregende Wirkung verdünnter Salzlösungen lässt sich unmöglich durch die Annahme der Wasserentziehung verstehen (Hermann II, 1, pag. 101). Für Eigenwirkungen der angewendeten Substanzen spricht auch das eigenthümliche Verhalten, welches concentrirte und verdünnte Lösungen von Chlorkalium und Harnstoff zeigen. Bei wenig erregbaren Präparaten können, was vom Harnstoff bereits bekannt ist, verdünnte Lösungen weit heftigere Muskelcontractionen vom Nerven aus hervorrufen als gesättigte. Die concentrirte Solution lähmt oder tödtet den Nerven so schnell, dass die Erregung nicht zu Stande kommt. Bei sehr erregbaren Nervmuskelpräparaten erfolgt weniger leicht eine Lähmung der nervösen Elemente, und die reizenden Momente haben Zeit sich zu äussern.

Durch die eben besprochenen Verhältnisse werden die Angaben Richter's über die antagonistische Wirkung, welche Harnstoff auf den mit Kochsalz gereizten motorischen Froschnerven ausüben soll, klar. Ein Nerv kann durch starke Harnstofflösung, ohne dass Zuckungen auftreten, gelähmt werden, so dass Kochsalz keine oder, was ich auch gesehen habe, nur eine äusserst geringe Reizung ausübt.

Buchheim suchte die Verschiedenheit der Wirkung von Kochsalz und Chlorkalium allein auf die Schnelligkeit der Diffusion zurückzuführen. Hierdurch lassen sich aber nicht die Erscheinungen erklären, welche Nothnagel an den Därmen von Kaninchen und Katzen, Bardeleben an denen von Enthaupteten bei localer Application der Salze in Substanz erhielten, denn es zeigte sich gerade das umgekehrte Verhältniss. Auch bei der chemischen Nervenreizung wirkt von den angewendeten Stoffen das am langsamsten diffundirende Chlornatrium bei weitem am heftigsten. Man ist gezwungen, neben durch physikalische Verhältnisse bedingten gemeinsamen Eigenschaften bestimmte Eigenwirkungen der Salze anzunehmen.

Litteratur.

C. Bardeleben, Ueber die Einwirkungen von Kali- und Natronsalzen auf die Muskeln des Darmkanals. Virch. Arch. LXXXIX, 1882.

J. Bernstein, Ueber die Ermüdung und Erholung der Nerven. Arch. f. d. ges. Physiol. XV, 1877.

Ch. Bohr, Ueber den Einfluss der tetanisirenden Irritamente auf Form und Grösse der Tetanuscurve. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abth. 1882.

E. du Bois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität. II. Berlin, 1849.

H. P. Bowditch, Ueber die Eigenthümlichkeiten der Reizbarkeit, welche die Muskelfasern des Herzens zeigen. Ber. über die Verh. der königl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Klasse, XXIII, 1871.

R. Buchheim, Ueber die Wirkung der Kaliumsalze. Arch. f. exp. Path. u. Pharm. III, 1875.

H. Buchner, Zur Nervenreizung durch concentrirte Lösungen indifferenter Substanzen. Zeitschr. f. Biol. XII, 1876.

H. Buchner, Zur Nervenreizung durch Lösungen indifferenter Substanzen. Zeitschr. f. Biol. X, 1877.

G. A. Buckmaster, Ueber eine neue Beziehung zwischen Zuckung und Tetanus. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abth. 1886.

C. Eckhard, Die chemische Reizung der motorischen Froschnerven. Zeitschr. f. ration. Med. N. F. I, 1851.

M. v. Frey, Ueber die tetanische Erregung von Froschnerven durch den constanten Strom. Arch. f. Anat. u. Physiol., physiol. Abth. 1883.

M. v. Frey, Versuche über die Auflösung der tetanischen Muskelcurve. Festschrift zu C. Ludwig's 70. Geburtstag. Leipzig, 1887.

M. v. Frey, Reizungsversuche am unbelasteten Muskel. Archiv für Anat. u. Physiol., physiol. Abth. 1887.

E. Harless, Analyse der willkürlichen Bewegung. Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. XIV, 1862.

L. Hermann, Handbuch der Physiologie. Leipzig, 1879. I. 1. Allgemeine Muskelphysik. II. 1. Allgemeine Nervenphysiologie.

A. Kölliker, Ueber die Vitalität der Nervenröhren der Frösche. Vorläufige Mittheilung. Würzb. Verh. VII.

A. Kölliker, Ueber die Vitalität der Nervenröhren der Frösche. Zeitschr. f. wissensch. Zoolog. IX, 1858.

H. Kronecker, Ueber die Ermüdung und Erholung der quergestreiften Muskeln. Ber. über Verh. d. königl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Klasse, XXIII, 1871.

W. Kühne, Ueber directe und indirecte Muskelreizung mittelst chemischer Agentien. Ein Beitrag zur Lehre von der selbständigen Reizbarkeit der Muskelfaser. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859.

W. Kühne, Ueber die chemische Reizung der Muskeln und Nerven und ihre Bedeutung für die Irritabilitätsfrage. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860.

A. v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. II, Posen und Berlin, 1797.

N. Mandelstam, Ueber den Einfluss chemischer Agentien auf die Erregbarkeit der Nerven. I.-D. Erlangen, 1875.

Minot, Experiments on Tetanus. Journ. of Anat. and Physiol. Vol. XII, 1878. Citirt nach Buckmaster und Hermann, I. 1 S. 42.

H. Nothnagel, Ueber die Einwirkungen von Kali- und Natronsalzen auf die Muskeln des Darmkanals. Virch. Arch. LXXXVIII.

L. Ordenstein, Ueber Kölliker's Ansichten „über die Vitalität der Nervenröhren der Frösche.“ Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. II, 1858.

J. Ranke, Die Lebensbedingungen der Nerven. Leipzig, 1868.

F. Richter, Ueber die Einwirkung des Harnstoffs auf die motorischen Nerven des Frosches. I.-D. Erlangen, 1860.

M. J. Rossbach u. K. Harteneck, Muskelversuche an Warmblütern. II. Ermüdung und Erholung des lebenden Muskels. Arch. f. d. ges. Physiol. XV, 1877.

Schiff, Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr, 1858 bis 59. Citirt nach Hermann.

E. Tiegel, Ueber den Einfluss einiger willkürlich Veränderlichen auf die Zuckungshöhe des untermaximal gereizten Muskels. Ber. über d. Verh. d. königl. sächs. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Klasse, XXVII, 1875.

E. Tiegel, Ueber Muskelcontractur im Gegensatz zu Contraction. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII, 1876.

N. Wedenskii, Wie rasch ermüdet der Nerv? Centralbl. f. d. med. Wiss. 1884.

(Aus dem pharmakologischen Laboratorium von Prof. Joh. Dogiel zu Kasan.)

Ueber den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille[1].

Von

J. Jegorow.

(Mitgetheilt von Prof. Joh. Dogiel.)

(Hierzu Tafel V.)

Während die Beziehungen des Sympathicus zur Irisbewegung (Erweiterung der Pupille) der Säugethiere als vollkommen festgestellt gelten, erscheinen bis in die neueste Zeit Arbeiten, welche sowohl für als auch gegen einen Einfluss dieses Nerven auf die Pupille bei den Vögeln sprechen. Auf Vorschlag von Prof. Joh. Dogiel und unter seiner Leitung wurde von mir eine Reihe von Versuchen angestellt, um den Antheil des Sympathicus an den Irisbewegungen bei Vögeln klarzustellen. Der Angabe der Resultate wie der Beschreibung meiner Versuche muss ich jedoch eine Erörterung der Litteratur der uns interessirenden Frage vorausschicken.

Der erste Hinweis auf die Beziehungen des Sympathicus zur Vogelpupille findet sich bei J. Budge in seiner Monographie

1) Zum leichteren Einblick in diese Angelegenheit legen wir den sich für diese Frage Interessirenden diese Arbeit vor. Unserer Meinung nach kann nur auf solche Weise die richtige Lösung eines wissenschaftlichen Problems befördert werden, weshalb wir den jedenfalls kürzeren, von A. Gruenhagen (Pflüger's Arch. Bd. 40, Heft 1 u. 2, 1886) gewählten Weg, um die Anerkennung seiner Anschauung zu erzwingen, absichtlich vermeiden. Ob die von Gruenhagen gewählte Ausdrucksweise in einen wissenschaftlichen Artikel hineingehört, lasse ich auch dahingestellt sein. Joh. Dogiel.

„Ueber die Bewegung der Iris“ (1885). Diese Notiz ist so kurz, dass wir sie hier ganz aufnehmen können. Seite 91 heisst es: „Der Halssympathicus bei Vögeln liegt in dem Canal der processus transversi neben der a. vertebralis. Ich habe bei verschiedenen Tauben diesen Canal aufgebrochen und den Nerven galvanisirt, ohne den geringsten Einfluss auf die Irisbewegung wahrzunehmen. — Ebenso wirkungslos zeigt sich auch die Durchschneidung der Nerven.“

Bald darauf kamen v. Wittich (Leydig, Lehrb. der Histologie 1857 p. 257) und Maunoir (Sur l'organisation de l'iris) zu demselben Resultat, d. h. dass die Reizung des Sympathicus bei Vögeln keinen Einfluss auf die Pupillenweite hat. Ausserdem fanden beide Autoren bei Vögeln keinen Dilatator pupillae.

L. Hirschmann (Zur Lehre v. d. durch Arzneimittel hervorgeruf. Myosis u. Mydriasis, Arch. f. Anat., Physik und wiss. Med. 1869 H. III p. 312), welcher zusammen mit Dr. Rosenthal gearbeitet hat, reizte auch den Sympathicus beim Huhne und der Taube, wobei er zu einem ganz andern Resultat kam, als die drei schon citirten Autoren. Seinen 3. Versuch beschreibend, giebt er an, dass die Reizung des Sympathicus stets von einer Erweiterung der Pupille an der entsprechenden Seite begleitet ist und zwar beim Huhn. Etwas weiter bemerkt er, dass auch bei Tauben die Sympathicusreizung beständig die Pupille erweitert.

A. Vulpian (Leçons sur la physiol. générale et composée du système nerveux 1865 p. 878—880) durchschnitt den Sympathicus an verschiedenen Stellen, ohne ihn zu reizen. So giebt er nach einer kurzen Beschreibung des Sympathicus bei Vögeln (Tauben) an, dass die Durchschneidung des Halssympathicus ohne jeden Einfluss auf die Pupille bleibt. Hierbei erwähnt er, wie schwer die Operation sei, weil hiernach eine starke Blutung auftritt, welche schnell zum Tode führt. Weiter durchschnitt Vulpian den Sympathicuszweig, welcher vom oberen Halsknoten längs der Carotis interna verläuft (den Knoten selbst auszureissen, hält er für unmöglich, weil hierbei zahlreiche Aeste der Carotis beschädigt würden), ohne irgend eine Veränderung in der Pupillenweite an der entsprechenden Seite wahrzunehmen. Da er ausserdem bei einem solchen Versuche nach der Durchschneidung des angegebenen Sympathicuszweiges starke Injection der Maulschleimhaut und der Conjunctiva sah, so zog er den Schluss, dass der Sympathicuszweig,

welcher die Carotis int. begleitet, die Gefässe des Kopfes mit Nerven versorgt.

D. v. Trautvetter (Ueber den Nerven der Accommodation, Arch. f. Ophthalmologie XII. Abth. I p. 141) macht bei seinen Untersuchungen über die bei der Accommodation thätigen Nerven auch Angaben über die Reizung des Halssympathicus bei Vögeln (Tauben, Hühnern), obwohl es schwer fällt zu sagen, was er eigentlich gereizt hat. Nachdem er nämlich aus dem bekannten Budge'schen Werke zwei Stellen bezüglich der anatomischen Lage des Sympathicus bei Vögeln citirt hat, giebt er sogleich an, dass er bei Tauben und Hühnern verschiedene Nervenstämme am Halse, welche man für den Halssympathicus halten konnte, gereizt hat. Es bleibt also ungewiss, ob er den Theil des Sympathicus, welcher im Intertransversal-Canal liegt, gereizt und überhaupt welche Nervenzweige am Halse er als Sympathicus angesehen hat. Die Reizung der verschiedenen Nervenstämme am Halse hatte jedoch keine Erweiterung der Pupille zur Folge. Eine solche beobachtete er aber, wenn er die Halsgefässe: Art. Carotis und Vena jugularis in der Nähe des Kopfes reizte. Nach Trautvetter ist das erklärlich, wenn man bedenkt, dass vom obersten Halsknoten Nervenzweige die Carotisäste begleiten, was auch für die Jugularvenen angenommen werden muss, wenn letzteres auch anatomisch noch nicht bewiesen ist.

1866 erfolgte die erste Mittheilung A. Gruenhagen's (Berliner klin. Wochenschr. 1866 p. 472) über den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille. Da er in seiner letzten Notiz hierauf zurückkommt, so halten wir es für nöthig, das hierher Gehörige wörtlich zu citiren: „Versuche an Tauben haben in Uebereinstimmung mit Hirschmann-Rosenthal ergeben, dass die von Budge aufgestellte Behauptung, wonach Reizung des Sympathicus bei Vögeln keine Pupillen-Dilatation hervorruft, nicht zu bestätigen ist. Elektrische Reizung des Brustmarkes sowohl, als auch Reizung des Gangl. supr. n. symp. bewirkte stets, wenn die Thiere vorher durch Nackenstich getödtet worden waren, eine deutliche, langsam zunehmende und langsam wieder vergehende Erweiterung der Pupille. Die Tödtung der Thiere vor dem Versuche erschien darum zweckmässig, weil die Blutung beide in diesem Falle schnell von der Hand gehenden Operationen nicht mehr zu stören vermag, und weil ferner die Beobachtung einer Pupillen-Dilatation

an lebenden Thieren dieser Ordnung durch die bei jedem Affecte in weiten Grenzen schwankende Pupillengrösse erschwert wird. Der Grund, weswegen gerade die oben angegebenen Strecken des Sympathicusverlaufes und keine anderen der Reizung unterworfen wurden, liegt in ihrer verhältnissmässig leichten Zugänglichkeit. Der (bei Vögeln) im Vertebralkanal verlaufende Theil des Halsstranges, den Hirschmann-Rosenthal bei ihren Versuchen vermuthlich tetanisirt haben, lässt sich in gut erhaltenem Zustande unbedingt schwerer auspräpariren."

Hieraus kann man entnehmen, dass Gruenhagen den Sympathicus nicht unmittelbar reizte, sondern ihn durch die Reizung des Halsmarks oder die des obersten Halsknotens zu erreichen suchte. In keinem Fall giebt Gruenhagen die Versuchsanordnung an. So wissen wir nicht, ob er das Rückenmark vordem durchschnitten hatte, und wie er im zweiten Fall die Isolation des Halsknotens vornahm, um eine Reizung rein vorzunehmen. Dieses zu wissen ist unumgänglich nothwendig, weil man unter gewissen Umständen wohl Pupillenerweiterung erzielt, jedoch auf einem ganz anderen Wege, wie Gruenhagen es sich vorstellt. 1870 berührt A. Gruenhagen in seiner Untersuchung „Zur Irisbewegung" (Arch. f. d. gesammte Physiologie 1870 p. 448) zum zweiten Male die Frage über den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille, obwohl schon mehr theoretisch. Zuerst versucht er zu beweisen, dass die radiären Muskelfasern der Vogeliris die Rolle eines Sphincters übernehmen, während die Pupillenerweiterung auf Reizung des Sympathicus durch Veränderung der Gefässlumina zu Stande kommt. Hierauf empfiehlt er die Taube als bestes Object zur Untersuchung und sagt: „Die Reizung des Sympathicus wird am zweckmässigsten an curarisirten Thieren in der Weise vorgenommen, dass man zwei Nadeln in das untere Ende des Halsmarks einsenkt, vermittelst derer demselben die Ströme eines Schlitten-Apparates zugeleitet werden." Wie man also sieht, hat Gruenhagen seine Versuchsanordnung abgeändert, indem er seine Thiere nicht tödtete, sondern nur curarisirte. Die Bedingungen, unter welchen er die Reizung des Rückenmarks ausführte, bleiben auch hier unaufgeklärt.

Eine umständlichere und vollständigere Untersuchung über die uns interessirende Frage liegt von N. Zeglinski vor (Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiolog. Abth. 1885). Unter der Leitung

von Prof. Joh. Dogiel untersuchte er die Nerven, welche bei der Erweiterung der Vogelpupille thätig sind (bei Tauben, Hühnern, Habichten, Eulen und Enten). Seine Versuche mit Durchschneidung und Reizung des Halssympathicus, welcher im Intertransversalkanal liegt, führen ihn zum Schluss, dass „bei den Vögeln der Sympathicus keinen Einfluss auf die Irisbewegung hat“. Seine Versuchsthiere kamen nicht während oder nach dem Versuche um, wie z. B. bei Vulpian, sondern konnten weiter leben, so dass der Forscher sie nach einigen Tagen vollkommen erhalten und lebend vorweisen konnte.

Diese letzte Arbeit veranlasste A. Gruenhagen zu einer Antwort (Ueber den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille, Arch. f. d. gesammte Phys. 1886 Bd. XL H. 1 u. 2 p. 65—67). Er weist auf die Schwierigkeiten bei der Untersuchung dieser Frage hin und macht einige Bemerkungen, welche mehr persönliches als wissenschaftliches Gepräge tragen. Neue Beweise für seine Ansicht bringt Gruenhagen nicht in diesem Aufsatze, sondern weist auf die oben citirte Arbeit von 1866 hin. Den Grund, weshalb er nicht den Sympathicus direct reizte, sucht er in der schwierigen Isolation des sehr zarten Nervenstranges, welcher deshalb bald abstirbt und die Reizung effectlos lässt. Ueber seine Versuchsanordnung lässt uns auch hier Gruenhagen im Unklaren.

Hiermit wäre die Litteratur der Frage erschöpft. Wir sehen also, wie die Meinungen der verschiedenen Forscher über den Einfluss des Sympathicus auf die Vogelpupille auseinandergehen. Einige finden hier ein vollkommen analoges Verhältniss wie bei den Säugethieren (Hirschmann, Rosenthal, Gruenhagen), während Andere jede Beziehung des Sympathicus zur Pupillenweite leugnen (Budge, Vulpian, Zeglinski). In Anbetracht dessen unternahmen wir eine erneuerte Untersuchung dieser Frage, um angeben zu können, welche dieser Meinungen der Wahrheit am nächsten steht.

Die weiter unten angegebenen Manipulationen bei den Versuchen werden nur verständlich sein, wenn wir eine Beschreibung der anatomischen Lage des Halssympathicus bei den Vögeln hier vorausschicken, um so mehr, weil dieser Nerv hier in seiner Lage stark mit dem der Säugethiere differirt. Eine eingehende Bearbeitung dieser Frage wäre sehr erwünscht, da ausser E. Weber's Monographie (Anatomia comparata nervi sympathici. Lipsiae 1817)

hierüber nichts gedruckt worden ist [1]). Da unsere Untersuchungen über die anatomische Lage des Sympathicus bei den Vögeln noch nicht beendet sind, so können wir hier vorläufig nur soviel mittheilen, wieviel zum Verständniss der Untersuchungsmethoden unumgänglich nothwendig erscheint, wobei auch die Angaben in der Litteratur berücksichtigt werden sollen.

Der oberste Halsknoten des Sympathicus liegt bei den Vögeln seitlich am Halse unter dem Unterkieferwinkel, gerade an der Ausgangsstelle dreier Nerven: Facialis, Vagus und Glossopharyngeus. Wenn man den Knoten von aussen erreichen will, so muss die Haut vom äusseren Gehörgange an nach unten über dem Unterkieferwinkel, oder etwas hinter dem letzteren, seitlich am Halse durchschnitten werden. Mit der Haut ziemlich fest verbunden ist der Unterhautmuskel (Platisma myoides). Bei verschiedenen Vögeln sind diese beiden Schichten verschieden entwickelt, so z. B. bei Tauben, wo sie sehr dünn und zart, also leicht zerreissbar sind, und bei Hühnern oder sogar bei Truthühnern, wo sie von bedeutender Dicke sind. Hat man die Platisma durchschnitten, so stösst man auf lockeres Bindegewebe, welches die obersten Schichten mit den tiefer liegenden lose verbindet, so dass erstere verschoben werden können. Ausserdem ist das Bindegewebe so spärlich, dass man die tiefer liegenden Theile, als Muskeln, Nerven, Gefässe, Trachea und Oesophagus, ganz deutlich sehen kann. Ziehen wir die Wundränder der Haut auseinander, so erblicken wir die Halsmuskeln und die unter ihnen hervortretenden Rückenmarksnerven und weiter nach oben das Zungenbein, welches den Hals wie ein Ring umfasst und unter dem Unterkiefer sich befindet. Weiter rechts [2]) sieht man die Trachea und den Oesophagus und seitlich von letzterem die Vena jugularis, welche vom Va-

1) M. Rochas (de la signification morphologique de ganglion cervical supérieur et de la natur de quelques-uns des filets qui y abantissent ou en émenant chez divers vertébrés. Compt. Rend. de l'Acad. des Sciences. T. CIV Nr. 12. 1887. 12. Mars) will das Verhältniss des Sympathicus zu seiner Umgebung bei verschiedenen Thieren (also auch bei Vögeln) untersucht haben. Seine Angaben sind jedoch kurz, deshalb wenig verständlich.

2) Rechts und links etc. beziehen sich auf die Lage des Thieres, in welcher sie auf der Figur sich befindet, d. h. der Kopf und der Hals liegen auf der linken Seite (des Thieres), folglich ist dem Beobachter die rechte Seite zugekehrt.

gus und Glossopharyngeus begleitet wird. Verfolgen wir die Vene (V. j.) mit den Nerven zum Kopf hin, so sehen wir, wie sie zusammen unter das Zungenbein treten, wornach sie schon ihre gegenseitige Lage verändern. Um sich über die weitere Lage der Gebilde Einsicht zu verschaffen, muss man einen Theil des Unterkiefers und das Zungenbein entfernen, wie es aus Fig. 1 ersichtlich wird. Die Jugularvene (V. j.) zerfällt im Niveau des Zungenbeins in zwei Aeste (ausser kleinen Zweigen), einer derselben geht unter den Unterkiefer, während der andere quer den Hals umzieht, in die Nähe des obersten Halsknotens gelangt und hierauf unter den Muskeln, welche vom Hinterhauptsbeine ihren Anfang nehmen, verschwindet. Die Nerven (Vagus und Glossopharyngeus (N. v. et N. g. f.) verlassen die Vene an ihrer Theilungsstelle und treten hierauf durch einen fast quer zu ihnen verlaufenden Nervenzweig (N. a.), welcher bei der Aufsuchung des Halsknotens eine Bedeutung erlangt, mit einander in Verbindung. Diese Nervenanastomose befindet sich zuweilen unterhalb der Venentheilung, jedenfalls aber in der nächsten Nachbarschaft derselben. Hierauf ziehen die Nervenstämme, vom Kiefer bedeckt, zum Schädel hin, wo sie durch die Knochenkanäle in die Schädelhöhle treten. An dieser Stelle befindet sich auch der Facialis, welcher aus der Schädelhöhle durch einen besonderen Kanal tritt. Ausser einer grossen Anzahl kleiner Zweige wären hier folgende Arterien zu beachten: Arterien, welche von oben angegebenen Venen begleitet sind, also ein Unterkieferast (derselbe geht rechts vom Glossopharyngeus) und ein quer um den Hals sich abbiegender Ast. Beide Aeste stammen aus der Art. carotis. Letztere verläuft bei Vögeln mit der von der anderen Seite in der Mitte der Vorderfläche des Halses, wo die Halsmuskeln einen Zwischenmuskelraum bilden. Somit wäre die Lage der verschiedenen Gebilde an dieser Stelle folgende: am oberflächlichsten liegen die Vene und die querverlaufende Arterie, hierauf kommt der N. facialis und dann erst der Vagus und der Glossopharyngeus, von denen der erstere mehr nach hinten, der letztere aber mehr nach vorn, dem Schnabel zu, liegt. Zwischen beiden letzteren Nerven, ganz unter der Schädelbasis befindet sich der vom ziemlich derben Bindegewebe bedeckte, unregelmässig dreieckige Nervenknoten. Sein dickerer und breiter Rand ist dem Schädel zugewendet. Der Nervenknoten liegt mehr zum Glossopharyngeus nud ist mit demselben durch Bindegewebe

ziemlich fest verbunden. Die Farbe des Knotens ist eine blassgraue mit einer schwach rosafarbenen Nüancirung. Es ist das Ganglion supremum colli n. sympathici (G. s. p.). Es liegt also zwischen und unter den Nerven, Vagus und Glossopharyngeus, dicht an der Schädelbasis. Vom obersten Halsknoten gehen zwei Zweige zum Schädel (R. v. s.), wo sie bald in den Knochen eintreten und zwar der eine näher, der andere weiter von der Mittellinie. Aus der entgegengesetzten, mehr dünnen, zugespitzten Seite des Knotens treten ein bis drei sehr dünne Nervenzweige (R. v. v.), welche nach unten gehen, die oben angegebenen Arterienäste erreichen, mit letzteren zu den Carotiden ziehen, an deren Wandungen sie ziemlich weit verfolgt werden können. Ein viel stärkerer Ast als die vorhergehenden verlässt den Nervenknoten an seinem hinteren Winkel (N. s.), tritt unter den Vagus und hierauf zwischen die Halsmuskeln, welche vom Hinterhauptsbein ihren Anfang nehmen, wo er steil nach unten abbiegt, in den Intertransversalkanal tritt. Dieser Kanal wird bei den Vögeln von den Querfortsätzen der Halswirbel, bis zum 2. Halswirbel hinauf, gebildet und nimmt ausser dem Nerven noch die Art. und Vena vertebrales auf, mit welchen letzteren der Nerv eng durch Bindegewebe verbunden ist. Der Nerv liegt vor den Gefässen, wenn man sich das Thier stehend denkt. Dieser Nerv entspricht dem Halssympathicus der höheren Thiere. Der Intertransversalkanal ist bei den verschiedenen Vögeln nicht gleich. Beim Huhn stossen die Querfortsätze der Halswirbel aneinander, so dass vom zweiten Halswirbel an ein geschlossener Kanal sich bildet. Bei Tauben stossen die Querfortsätze der Halswirbel nicht an einander, somit erleidet auch der Kanal Unterbrechungen, an welchen Stellen der Inhalt ohne Knochenverletzungen zugänglich ist. Beim Truthahn findet sich gar kein Kanal vor, weshalb die Art. vert. und Vena vertebr. nebst dem Sympathicus nur durch Oeffnungen in den Querfortsätzen treten, im Uebrigen also frei, nur von Muskeln bedeckt, verlaufen. Der Halssympathicus bildet in seinem Verlaufe eine Reihe (gangliöser) Verdickungen, welche den Zwischenwirbellöchern gegenüber liegen, aus welchen letzteren die Spinalnerven treten, somit sich mit dem Sympathicus kreuzen.

Die vorliegenden anatomischen Notizen könnten zum Verständniss dieser Abhandlung genügen; eine eingehende Beschreibung des Sympathicus bei Vögeln hoffen wir, wie oben angeführt, recht bald zu veröffentlichen.

Um beim Huhn den im Intertransversalkanal befindlichen Theil des Sympathicus frei zu legen, machten wir einen Schnitt durch die Haut und den Hautmuskel im Bereich der obersten 6 bis 7 Halswirbel, so dass die Halsmuskeln, die spinalen Nerven und die Vena jugularis sichtbar waren. Hat man die Blutung gestillt und die Vene, die Trachea und den Oesophagus zur Seite gerückt, so kann man mit dem Finger leicht die Querfortsätze herausfühlen. Jetzt befreit man letztere zwischen dem 3. und 4., oder auch 5. und 6. Halswirbel von den hier sich ansetzenden Muskeln mittels eines stumpfen Instruments (nur im äussersten Fall griffen wir zum Messer). Die entsprechenden spinalen Nerven muss man, um dem Thier unnützen Schmerz zu ersparen, schon vorher durchschneiden. Beim Blosslegen des Knochen ist die Blutung keine erhebliche und lässt sich durch Compression, einige Zeit hindurch, leicht stillen. Hierauf wird mittels einer starken Scheere oder auch einer kleinen Knochenscheere allmählich die Spitze des Querfortsatzes abgetragen, bis der Kanal frei gelegt ist, worauf die hier liegenden Gebilde durch Abtragen kleiner Knochenstücke, nach dieser oder jener Richtung, vollends zugänglich gemacht werden.

Bei Tauben geht man am besten von den oben erwähnten Zwischenräumen aus, indem man die Spitze des einen Scheerenarmes in den Canal führt, wobei natürlich die im Kanal liegenden Gebilde nicht zu verwunden sind.

Beim Truthahn ist der Sympathicus einfach durch Auseinanderziehen der Muskeln zugänglich. Diese Operation vollführt man mit einer Pincette, wobei man sich nach einer weissen Linie richtet, die von der Spitze eines Querfortsatzes vor der des nächsten zieht und dem Raum entspricht, wo die Gefässe und Nerven liegen. Soll der Nerv in grösserer Ausdehnung freigelegt werden, so kann man einen Querfortsatz entfernen.

Die Entfernung des Knochens muss sehr vorsichtig geschehen, damit kein Gefäss verletzt oder auch die Nerven nicht gequetscht werden. Ist ein arterielles Gefäss verwundet worden, am schlimmsten wenn es die Vertebralarterie war, so muss entweder eine Ligatur angelegt werden, oder die Wunde sorgfältig mit Penghawar austamponirt werden, wonach man die Thrombosirung des Gefässes abwartet, bevor man vorsichtig, den Knochen nur stückweise abtragend, weiter arbeitet. Wie erwähnt, liegt hier der

Sympathicus vor den Blutgefässen. Bei Tauben wird der Nerv in Form eines dünnen weissen Streifens sichtbar, beim Huhn sieht man ihn schon deutlicher, beim Truthuhn vollends werden weitere Manipulationen an ihm ohne Schwierigkeiten vorgenommen.

Bei unseren Untersuchungen an Tauben legten wir eine Ligatur um die Gefässe und den Nerv im unteren Wundwinkel, führten hierauf eine zweite Ligatur unter den Nerven und durchschnitten letzteren zwischen beiden Ligaturen. Jetzt wurde der Nerv mittels einer Nadel nach oben hin, gewöhnlich $1^1/_2$—2 cm lang, isolirt. Beim Huhn gelingt die Isolation des Nerven seiner grösseren Dicke wegen ohne die erste, allgemeine Ligatur.

Verfährt man auf die angegebene Weise, so findet keine oder doch eine sehr geringe Blutung beim Freilegen des Halssympathicus statt. Diesen Umstand muss ich hervorheben, weil in der Litteratur sich Angaben finden, dass bei solchen Versuchen die Thiere (Tauben) schnell verbluten (Vulpian l. c. p. 879). Das rührt daher, dass Vulpian vor dem Durchschneiden der Nerven keine Ligatur angelegt hatte, in welchem Falle die Blutung jedenfalls das Leben des Versuchsthieres bedrohen kann, da die Art. und Vena vertebralis ein ziemlich bedeutendes Caliber besitzen.

Zum Freilegen des Sympathicus zwischen dem obersten Halsknoten und dem im Intertransversalkanal gelegenen Theile verfahren wir, wie folgt. Wir suchten entweder den Sympathicus auf die oben angegebene Weise im obersten Abschnitt des Kanals auf und verfolgten ihn in der Richtung zum obersten Halsknoten hin, oder wir machten zu diesem Zweck einen besonderen Schnitt. Die erstere Methode ist sehr langweilig, weshalb wir meist die letztere vorzogen. Bei der ersteren Methode hat man jedoch stets den Nerv vor sich, was ein grosser Vorzug ist, weil man dann nicht der Gefahr ausgesetzt ist, ihn mit irgend einem anderen Nervenzweig zu verwechseln, was bei der zweiten Methode sehr leicht möglich wird, besonders wenn man sich nicht vordem über die anatomische Lage der Nerven an dieser Stelle orientirt hat. Bei der zweiten Methode machten wir den Schnitt durch die Haut und den Hautmuskel in der Nackengegend, nach der Anheftungslinie der Hinterhauptmuskeln an den Schädel. Diese Muskel entfernten wir vom Hinterhauptbeine mittels einer Pincette, bis die tiefen Halsmuskeln sichtbar wurden. Zwischen diesen beiden Muskellagen liegt der Sympathicus bevor er in den Intertransversalkanal

tritt. Zum Orientiren kann die kleine Vene, welche quer um den Hals verläuft, dienen. Wenn der grosse Zungenbeinast beim Entfernen der Muskeln hinderlich ist, so kann man ihn nach vorn biegen und mittels eines Hakens in dieser Lage erhalten. Während der Präparation ist die Verwundung des Venenastes sorgfältig zu vermeiden (noch mehr eine solche der hier befindlichen Arterie), weil die Blutung schwer zu stillen ist, da es fast unmöglich wird, hier eine Ligatur anzulegen. Etwas unterhalb der Vene liegt der Sympathicus. Derselbe wird in Ligatur gefasst und isolirt. Diese Operationsmethode ist bei Tauben, Hühnern und Truthühnern gleich.

Viel schwerer gelingt schon die Isolation des obersten Halsknotens, der sehr tief gelegen und der zahlreichen hier befindlichen Gefässe wegen schwer zu erreichen ist. Ferner liegt der Knoten nahe dem Schädel, die von ihm abgehenden Zweige treten alsbald in die Knochenwand, woraus sich eine geringe Beweglichkeit des Knotens resultirt. Bei gewisser Vorsicht kann man den Knoten jedoch sehr wohl erreichen, doch ihn so weit zu isoliren, dass man ihn mit der Electricität reizen könnte, dürfte doch kaum möglich sein.

Zum Freilegen des obersten Halsknotens ist der Hautschnitt dem Unterkiefer entlang zu führen und nach hinten hin zu verlängern. Zieht man hierauf die Wundränder auseinander, so überblickt man: die Jugularvene, begleitet vom Vagus und Glossopharyngeus, und ein reiches Gefässnetz. Zur Vergrösserung des Operationsfeldes zogen wir den gleich unter dem Unterkiefer liegenden, grossen Zungenbeinast zur Seite, entfernten ihn ganz, unterbanden ihn en masse, oder hielten ihn in der neuen Lage mittels eines Hakens. Indem man jedes Gefäss doppelt unterbindet, dringt man in die Tiefe auf die Anastomosenstelle des Vagus mit dem Glossopharyngeus. Die Jugularvene war sowohl oben (unter dem Unterkiefer) als auch unten (der Stamm) unterbunden worden. Von der Nervenanastomose nach oben zu strebten wir, mittels stumpfer Instrumente das Bindegewebe auseinander ziehend, unter dem Unterkiefer zum Ausgangsort des Vagus und des Glossopharyngeus. Der Unterkiefer wurde hierbei stark zur Seite gezogen oder, was häufiger geschah, sein Winkel mittels einer Knochenscheere abgetragen. War die Blutung gestillt, so wurde das Bindegewebe zwischen den angegebenen Nerven auseinandergezerrt, der eine

oder der andere, wohl auch beide Nerven durchschnitten und somit der Nervenknoten freigelegt. Vordem sind jedoch die in der Nähe des Knotens befindlichen Gefässe sorgfältig zu unterbinden, weil man sie sonst leicht verwunden könnte, umsomehr, da sie durch die Zerrung mit den Haken blutleer sind. Um unter den Knoten die Electroden führen zu können, nahmen wir die nach unten, zu den Gefässen gehenden Zweige in Ligatur, wonach wir den Knoten etwas in die Höhe ziehen und ihn von der Umgebung und vom Glossopharyngeus, mit dem er durch Bindegewebe eng verbunden ist, abtheilen konnten. Jedoch ungeachtet der sorgfältigen Isolation des Knotens und der Anwendung von kleinsten Electroden, kann man doch nicht gewiss sein, dass der Strom nicht die Nachbargebilde mittrifft, worüber jedoch später.

Operirt man vorsichtig und langsam, so ist von einer erheblichen Blutung keine Rede; die geringste Unvorsichtigkeit jedoch besonders in der Tiefe, führt sehr leicht zur Blutung, welche schwer zu stillen ist und die fernere Operation so erschwert, dass es besser erscheint den Versuch an diesem Thier ganz aufzugeben. Die Operationsmethode ist bei allen Thierarten die gleiche, nur bei kleinen Thieren wird die Operation noch länger, weil sie aus leicht begreiflichen Gründen hier viel schwerer ist.

Bei der Operation waren die Thiere in der Rückenlage an ein Brett gefesselt, so dass die Flügel und Beine unbeweglich blieben. In den vorderen Winkel des Unterkiefers kam ein Metallhaken, der an einen Faden befestigt war. Mittels dieses Fadens konnte nun der Kopf in beliebiger Höhe an einen vertikalen Stab in dem Brett, woran das Versuchsthier befestigt war, fixirt werden, so dass die Finger des Operateurs bequem unter den Kopf und den Hals geführt werden konnten, was die Präparation ungemein begünstigt. Bei keinem der Versuche wurde das Versuchsobject narkostisirt. Die Reizung geschah entweder mechanisch durch Zuschnüren der Ligatur oder durch Electricität, nämlich ein frisch beschicktes Element von Grenet und die kleine Spirale von A. Gaiffe. Die Stromstärke wird bei jedem Versuch besonders notirt werden. Ausser den gewöhnlichen Electroden kamen in Gebrauch solche, welche aus einem kleinen 3 mm dicken Glasröhrchen, dessen ein Ende zungenförmig oder rinnenförmig ausgezogen war und die Enden der Leitungsdrähte enthielt, bestanden.

Auf diese Dratheoden kam der zu reizende Theil. Als Versuchsthiere dienten: Tauben, Hühner und Truthühner.

Die Veränderungen der Pupillenweite wurden nach dem Augenmaass bestimmt, da in unseren Versuchen nicht der Grad der Erweiterung oder Verengerung, sondern eine Veränderung überhaupt bestimmt werden sollte. Die Bestimmungen um wieviel jedesmal die Pupille sich erweitert oder verengert bei Vögeln, wo die Contractionen der Irismusculatur so schnell vor sich gehen, nehmen den Experimentator zu sehr in Anspruch, ohne zur Klärung der vorliegenden Frage etwas beizutragen.

Vergleicht man die Veränderungen der Pupille bei Vögeln und Säugethieren unter gewöhnlichen Verhältnissen, so sieht man sogleich, dass die Vogelpupille beständig in Bewegung ist, wobei aber stets die Verengerungen bedeutender sind, was uns nicht wundert, wenn wir bedenken, dass der Sphincter bei Vögeln die ganze Irisfläche einnimmt und nicht nur im Verhältniss zum Dilatator, sondern auch zum Sphincter der Säugethiere viel stärker entwickelt ist. Einen Unterschied findet man auch bei Vögeln und Säugethieren bei der Pupillenerweiterung, welche hervorgerufen wird: durch Reizung des Gehirns, der sensiblen Nerven (und des Sympathicus bei Säugethieren). Bei letzteren erweitert sich unter den angegebenen Umständen die Pupille schnell und hält sich in dieser Stellung während der Reizung, um nach derselben nach einiger Zeit allmählich sich zu verengern. Die Iris kann während der Reizung theils ganz verschwinden, theils wird sie nur als ein kleiner Streif sichtbar. Ganz anders bei Vögeln. Eine Erweiterung der Pupille sieht man nur am Anfang der Reizung, wonach sie schnell sich verengert und, ohne von der Reizung beeinflusst zu werden, sich hierauf bald erweitert, bald verengert, wie wir es an vollkommen gesunden Vögeln beobachten können. Ausserdem ist auch während der grössten Erweiterung die Pupille nicht so verändert, wie bei den Säugethieren, da man die Iris auch während der stärksten Erweiterung der Pupille immer als einen ziemlich breiten Ring wahrnehmen kann (so auch während der Asphyxie, wo bei Vögeln die Pupillen auch erweitert werden).

Diese schnelle und unvollkommene Erweiterung der Vogelpupille veranlassten Gruenhagen anzugeben, dass die Beobachtungen äusserst schwer seien, um so mehr, da die Veränderungen der Pupille, welche bei Vögeln normal vor sich gehen, derartige

Beobachtungen stören könnten. Die Bedenken Gruenhagen's sind aber übertrieben, da bei aufmerksamer Beobachtung eine noch so schnelle Erweiterung in Folge der Reizung doch immer festzustellen ist, und eine solche Erweiterung auch schneller und grösser ist, als die normalen Erweiterungen der Vogelpupille.

Nachdem wir also unsere Versuchsbedingungen angegeben, können wir zu den Versuchen selbst und den erhaltenen Resultaten übergehen. Anzuführen wäre noch, dass nach jedem Versuch das Object sorgfältig anatomirt wurde, um die beim Versuch vorgenommenen Operationen zu controliren.

Bei unseren Versuchen sollte zuerst festgestellt werden, welche Veränderungen in der Pupillenweite der Vögel nach Durchschneidung und Reizung des im Intertransversalkanal befindlichen Sympathicus auftreten. Zu diesem Zweck seien hier einige Versuchsprotokolle mitgetheilt. Die Versuche fanden in Gegenwart von Prof. J. Dogiel, einiger Collegen im Laboratorium und hin und wieder von Prof. N. Kowalewski statt, wodurch für die vollkommene Objectivität der Resultate gebürgt ist.

Versuch I. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Befestigung des Versuchthiers an das Brett und die Freilegung des Halssympathicus zwischen den 5. und 6. Halswirbeln, wie oben angegeben. Beim Zuschnüren der allgemeinen Ligatur (Nerv und Gefässe), sowie auch der nur den Nerv einschliessenden, etwas oberhalb angelegten Ligatur war keine Veränderung in der Pupillenweite an der entsprechenden Seite wahrzunehmen. Jetzt wurde der Nerv zwischen den Ligaturen durchschnitten und zum Kopf hin, eine Stecke weit ($1^1/_2$ cm) von den Gefässen abpräparirt. Durch das untere, rechte Augenlid wurde eine dünne Ligatur[1]) geführt, um dasselbe nach unten zu ziehen behufs Ausschliesung des Blinzelns und leichterer Beobachtung der Pupille. Hierauf wurde das abpräparirte Nervenende 10 Secunden lang gereizt (Spiralenabstand 10 cm). Keine Pupillenerweiterung. Die Reizung wurde bei verschiedenem Spiralenabstand von (10—0) einige Male wiederholt. Die normalen Veränderungen in der Pupillenweite werden während der Reizung nicht alterirt. Nicht selten fiel mit dem Anfang der Reizung eine Verengerung der Pupille (mit nachheriger Erweiterung derselben) zusammen. Doch diese Veränderungen in der Pupillenweite gingen nicht über das normale Maass hinaus. Ebenfalls veränderten sich nicht die Bewegungen des dritten Lides während der Reizung.

Einige Zeit nach der Sympathicusdurchscheidung trat eine starke In-

1) Das geschah bei allen Versuchen, weshalb wir, um Wiederholungen zu vermeiden, hiervon später nichts mehr erwähnen.

jection der Gefässe der Lider und des Augapfels an der entsprechenden Seite auf, wie es schon Vulpian (l. c.) bei Tauben gesehen hatte. Eine Hyperämie der Maulschleimhaut konnten wir nicht bemerken. Während der Reizung erblasste die Conjunctiva, wobei einige Gefässe bis zum Verschwinden sich kontrahirten.

Hierauf wurde der rechte Ischiadicus auspräparirt und in Ligatur gefasst. Beim Zuschnüren der Ligatur bemerkte man eine kurzdauernde bedeutende Erweiterung der Pupillen, worauf eine Verengerung derselben erfolgte und das übliche Spiel der Pupillen wieder begann. Die Erweiterung war gleich und dauerte gleich an beiden Pupillen. Als nun das centrale Ende des Ischiadicus gereizt wurde (10 Secunden bei 11 cm Spiralenabstand) erfolgte eine gleichmässige und gleichzeitige Erweiterung der Pupillen, welche nicht mehr als 2 Secunden andauerte und in das gewöhnliche Spiel in der Pupillenweite überging. Die Reizung wurde mit gleichem Resultate einige Male wiederholt, obwohl die Stromstärke erhöht wurde (bis zu 4 cm Spriralenabstand). Bei der mechanischen wie electrischen Reizung des Ischiadicus äusserte das Thier seine Schmerzen durch Schrei und heftige Körperbewegungen.

Versuch II. 10./IV. 87. Taube von mittlerer Grösse. Auf die beschriebene Weise wurde rechts der Theil des Sympathicus, welcher sich zwischen der Austrittsstelle dieses Nerven aus dem Intertransversalkanal und dem obersten Halsganglion befindet, freigelegt und in Ligatur genommen. Beim Zuschnüren des Fadens wurde keine Veränderung der entsprechenden Pupille bemerkbar. Der Nerv wurde bis zum Ganglion isolirt und nach einigen Minuten Ruhe durch Electricität 10 Secunden lang gereizt (Spiralenabstand 10 cm). Keine Pupillenveränderung. Die Reizung wurde mit verschieden starken Strömen einige Male wiederholt, jedoch ohne jeglichen Einfluss auf die Pupillenweite. Zugleich mit der Reizung war bald eine Erweiterung, bald eine Verengerung der Pupille (letztere häufiger), jedoch in normalen Grenzen bemerkbar. Das Spiel der Pupille rechts unterschied sich gar nicht von dem der linken Pupille. Nach der Sympathicusdurchschneidung trat eine starke Injection der rechten Conjunctiva auf. Mit der Reizung verschwand diese Injection, dabei contrahirten sich nicht wenige Gefässe bis zum Verschwinden ihres Lumens. Das dritte Augenlid verhielt sich rechts ebenso normal wie links. Jetzt wurde der Nervenknoten auspräparirt und besonders vom Vagus und Glossopharyngeus isolirt, wobei sich das Thier stark aufregte. Hierbei bemerkte man momentane Erweiterung beider Pupillen. Bei der nun erfolgenden Reizung des Nervenknotens (Spiralenabstand 10 cm) blieb das Thier anfangs ruhig, bald jedoch treten heftige Bewegungen auf, auch schreit es, was wohl nur durch den Uebergang des electrischen Stromes auf die Nachbargebilde erklärt werden kann. Letzteren zu verhüten, dürfte aus oben angegebenen, rein anatomishen Gründen schwer fallen. Beobachtet man während der Reizung die Pupillle, so sieht man, dass anfangs, wo das Thier ruhig bleibt, auch hier keine Veränderung wahrzunehmen ist; mit der Unruhe des

Thieres tritt eine kurzdauernde, gleichzeitige und gleichstarke Erweiterung beider Pupillen auf. Die Reizung wurde mit gleichem Effect einige Male wiederholt. Nun wurde der rechte oberste Nervenknoten vollständig entfernt, der rechte Ischiadicus freigelegt und in Ligatur gefasst. Beim Zuschnüren der Ligatur gleichzeitige und gleichstarke Erweiterung beider Pupillen. Bei der 15 Sekunden lang dauernden Reizung (Spiralenabstand 10 cm) des centralen Stumpfes sah man am Anfange der Reizung eine 2 Sec. dauernde gleiche Erweiterung beider Pupillen. Die Reizung wurde mit gleichem Resultat einige Male wiederholt (der Spiralenabstand war hierbei allmählich bis auf 0 cm veringert).

Versuch III. 31./IV. 87. Ein Huhn von mittlerer Grösse. Der Sympathicus rechts zwischen dem 4. und 5. Wirbel, wie angegeben, freigelegt. Er wurde in Ligatur gefasst und zum Kopfe hin von den Gefässen auf einer Strecke von $1^1/_2$ cm isolirt. Beim Zuschnüren keine Veränderung der rechten Pupille. Die 10 Secunden andauernde Reizung des Nerven (bei 10 cm Spiralenabstand) hatte keine Pupillenveränderung zur Folge. Die Reizung wurde bei verschiedener Stromstärke (bis 0 cm Spiralenabstand) wiederholt. Hierbei sah man oft mit dem Anfang der Reizung eine Verengerung der Pupille zusammenfallen, wonach sich die Pupille jedoch gleich wieder erweiterte, also ihr normales Spiel — beständige Verengerung und Erweiterung — aufwies. Gleiches Resultat wurde constatirt, als wir den Theil des Sympathicus, welcher zwischen dem oberen Ende des Intertransversalkanals und dem Knoten liegt, nachdem derselbe, wie oben angegeben freigelegt, reizten.

Hierauf wurde an derselben Seite der Nervenknoten freigelegt, wobei der Vagus, bald nach seinem Austritt aus dem Schädel, durchschnitten wurde. Der Nervenknoten wurde, soweit es ging, vom Vagus und Glossopharyngeus abgetheilt, wobei das Thier, besonders bei den Manipulationen an diesen Nerven, schreit und sich stark bewegt. Die Operation an den genannten Nerven war von vorübergehenden Erweiterungen beider Pupillen begleitet. Sowohl die mechanische (Kneifen mit der Pincette) wie die electrische Reizung (Spiralenabstand von 12—3 cm) änderte durchaus nichts am gewohnten Spiel der Pupille, ausgenommen, wo der Strom auf die Nachbargebilde überging, was sich durch Unruhe des Versuchthieres und vorübergehende Erweiterung beider Pupillen kundgab. Die aus angegebenen anatomischen Gründen schwierige und nicht immer gelingende isolirte Reizung des Nervenknotens blieb ohne Einfluss auf das stete Pupillenspiel. Ebenfalls wird die Function des dritten Augenlides weder durch die Reizung des Sympathicus noch durch die des Nervenknotens abgeändert.

Während des hierauf folgenden Präparirens des Ischiadicus wurde mehrmals eine gleichzeitige und gleichstarke Erweiterung beider Pupillen beobtet, letztere trat auch beim Zuschnüren der Ligutur ein. Als nun das centrale Ende dieses Nerven gereizt wurde (10 Sec. bei 10 cm Spiralenabstand) erfolgte zuerst eine 3 Sekunden andauernde Erweiterung beider Pupillen, worauf das übliche Spiel in der Pupillenweite wieder auftrat. Die Reizung

wurde mit gleichem Resultat einige Male wiederholt; jedesmal trat dabei eine schwere Unruhe des Versuchsthieres ein.

Versuch IV. 16./IV 87. Ein Truthahn von bedeutender Grösse. Wie gewöhnlich wurde der Sympathicus rechts am 7. u. 8. Halswirbel blossgelegt, in Ligatur gefasst und eine Strecke weit (2 cm) zum Kopf hin isolirt. Während des Präparirens wurde ein deutliches Erblassen der rothen Hautlappen am Halse, Kopfe und über dem Schnabel rechterseits bemerkbar, dagegen blieb die Pupillenweite, ebenfalls auch beim Zuschnüren der Ligatur unverändert. Einige Zeit nach dem Durchschneiden des Sympathicus wurden die erwähnten Hautlappen wieder roth und verlängerten sich, gleichfalls wurde Hyperämie mit deutlicher Erweiterung und Ueberfüllung der Gefässe der rechten Conjunctiva constatirt. Nach einigen Minuten war die Röthung sehr intensiv und dabei reichte sie nur genau bis zur Mittellinie, beschränkte sich also nur auf die Seite der durchschnittenen Nerven.

Ausserdem war auf der operirten Seite eine Temperaturerhöhung schon mit der Hand nachzuweisen. Auf die 15 Secunden lange Reizung (8 cm Spiralenabstand) des Kopfendes vom Sympathicus erfolgte keine Veränderung in der Pupillenweite, wohl aber wurden die Hautlappen an der operirten Seite blass und der Fortsatz über dem Schnabel verkürzte sich und krümmte sich nach der rechten Seite hin. Das Blasswerden erstreckte sich genau bis zur Mittellinie. Ebenfalls contrahirten sich die Gefässe der rechten Conjunctiva bis zum Verschwinden. Die Hautlappen bleiben nach der Reizung einige Zeit hindurch blass und verkürzt. Hiernach tritt die oben beschriebene starke Hyperämie derselben, wie nach der Durchschneidung des Sympathicus, auf[1]. Die Versuche mit der Reizung, wobei der Spiralenabstand immer mehr und mehr verringert (bis 0 cm) wurde, ergab stets dasselbe Resultat sowohl hinsichtlich der Pupillen, wie der Hautlappen. Die Reizung des centralen Stumpfes vom rechten Ischiadicus, wie früher ausgeführt, ergab eine gleichzeitige, vorübergehende Erweiterung beider Pupillen, wie bei den vorhergehenden Versuchen.

Versuch V. 24./IV. 87. Ein Truthahn von mittlerer Grösse. Auf die beschriebene Weise wurde der rechte oberste Halsknoten des Sympathicus freigelegt, wobei man den Vagus und den Glossopharyngeus, nahe ihrem Austritt aus der Schädelhöhle, durchschnitt. Dem Thier wurde nun 10 Minuten Ruhe vergönnt, hierbei sah man die Hautlappen am Kopfe und die rechte Conjunctiva sich intensiv röthen. Bei der 10 Secunden dauernden Reizung des Knotens (Spiralenabstand 10 cm) blieb die Pupillenweite unverändert, während die Hautlappen der rechten Seite und die rechte Conjunctiva ganz blass wurden. Die Reizung wurde mit demselben Resultat mehrmals wiederholt[2].

---

1) Diese Erscheinungen sind denen bei Kaninchen, bei der Durchschneidung und Reizung des Sympathicus, analog, treten jedoch beim Truthahn viel deutlicher hervor, eignen sich also besonders zur Demonstration.

2) Die Fortsetzung des Versuchs folgt später, da sie zu einem anderen Zweck diente.

Diese und ähnliche Versuche überzeugten uns, dass weder die Durchschneidung noch die Reizung des Sympathicus im Intertransversalkanal irgend einen Einfluss auf die Pupillenweite ausübt, ihre üblichen Veränderungen werden in keiner Weise getrübt. Zuweilen trat zu Anfang der Reizung eine Erweiterung der Pupille auf, diese Erweiterung war aber jedenfalls eine von den normal vor sich gehenden, weil sie kurze Zeit andauerte, und weil in den meisten Versuchen mit der Reizung des Sympathicus eine Verengerung der Pupille zusammenfiel.

Das Fehlen der Pupillenerweiterung bei der Reizung des Sympathicus kann nur durch Abwesenheit pupillenerweiternder Nervenfasern in diesem Nerven erklärt werden. Die Erklärung Gruenhagen's, dass der Sympathicus während des Präparirens abstirbt, ist nicht stichhaltig, da ja andere Functionen (vasomotorische) des Nerven, wie wir gesehen, vollkommen erhalten bleiben. Für unsere Erklärung spricht noch der Umstand, dass der Sympathicus sowohl wie der oberste Nervenknoten lädirt sein können, eine Erweiterung beider Pupillen dennoch bei der Reizung eines sensiblen Nerven auftritt, ohne dabei irgend welchen Unterschied an der operirten Seite, in Bezug auf die gesunde Hälfte, aufzuweisen. Der Vollständigkeit halber haben wir ausserdem den Sympathicus durch das Rückenmark hindurch, also ohne ihn zu verletzen, gereizt. Einige Versuchsprotokolle seien hier angeführt.

Versuch VI. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Das Rückenmark zwischen dem Hinterhauptsbeine und dem ersten Halswirbel durchschnitten und mittels zweier eingestochenen Nadeln 15" lang gereizt (Spiralenabstand 8cm). Die Pupillenweite veränderte sich nicht, auch dann nicht, als die Reizung beim verminderten (bis 3cm) Spiralenabstande wiederholt wurde. Hierauf wurde das Rückenmark zwischen dem 9. und 10. Wirbel durchschnitten und der obere Theil bei verschiedener Stromstärke (Spiralenabstand von 10—3cm) gereizt. An der Pupillenweite war keine Veränderung wahrzunehmen.

Versuch VII. 16./IV. 87. Ein Huhn von mittlerer Grösse. Das Rückenmark wurde zwischen dem 10. und 11. Wirbel durchschnitten und, wie oben, der obere Abschnitt (15 Secunden lang bei 10cm Spiralenabstand) gereizt. Beide Pupillen erweiterten sich gleich und die Erweiterung dauerte 2 Secunden. Die Reizung wurde mit gleichem Resultat mehrmals wiederholt. Als wir hierauf das Rückenmark noch oberhalb des 1. Halswirbels durchschnitten und das durch diese Schnitte abgetrennte Segment reizten (15" bei 10cm Spiralenabstand), erfolgte keine Veränderung in der Pupillenweite. Die Verstärkung des Stromes (bis auf 0cm Spiralenabstand) änderte das Resultat

nicht ab. Da der Sympathicus beim Truthahn so stark ist, dass von einem Absterben desselben wohl kaum geredet werden kann, so unterliessen wir solche indirecte Reizung dieses Nerven bei diesen Thieren.

Somit hat auch die indirecte Reizung des Sympathicus (durch das Rückenmark hindurch) ebenfalls keinen Einfluss auf die Pupillenweite.

Diese Versuchsergebnisse stehen also im vollkommenen Widerspruch zu den Angaben Gruenhagen's (l. c.).

Letzterer erhielt bei Rückenmarksreizung Pupillenerweiterung, was wohl durch unrichtige Versuchsanordnung zu erklären ist, nämlich der Reizung ging wahrscheinlich keine Durchschneidung des Rückenmarks oberhalb des 1. Halswirbels voraus, wenigstens fehlt eine solche Angabe bei diesem Autor[1]). Die Pupillenerweiterung kam nicht durch Reizung des Sympathicus, sondern die des Rückenmarks und Gehirns zu Stande. Wie wir schon zu Anfang dieser Abhandlung hingewiesen haben, existirt in der Litteratur eine Angabe (Trautvetter), dass die Reizung der Halsgefässe Erweiterung der Pupille zur Folge hat. Trotz der Ungenauigkeit dieser Angabe glaubten wir dieselbe doch nicht übergehen zu können und Versuche zu ihrer Klärung vornehmen zu müssen. Hierbei reizten wir allerdings nicht die Gefässe, wie Trautvetter, sondern jene Nervenzweige vom obersten Halsganglion, welche die Gefässe begleiten. Ein derartiges Versuchsprotokoll sei hier angeführt.

Versuch VIII. 24./IV. 87. Fortsetzung von Versuch V siehe Truthahn. An der Vorderfläche des oberen Drittels des Halses wurde ein Schnitt durch die Haut und den Unterhautmuskel gemacht, die Wundränder auseinandergesetzt, die Trachea nebst dem Oesophageus zur Seite geschoben und die Carotiden im Niveau vom 4. und 5. Halswirbel freigelegt. Der die linke Carotis begleitende Nervenzweig wurde in Ligatur gefasst, durchschnitten und zum Kopf hin, $1^1/_2$ cm weit, vom Gefäss abpräparirt. Während dieser Manipulationen war keine Veränderung in der Pupillenweite wahrzunehmen. Ebenfalls blieb die Pupille unverändert, als dieser Nervenzweig 15 Secunden lang gereizt wurde (Spiralenabstand 8 cm). Verstärkung des Stromes (bis 0 cm Spiralenabstand) änderte an diesem Resultat nichts. Der Nervenzweig wurde fast bis zum Ganglion freigelegt und gereizt, ebenso geschah das auch mit zweiten vom Ganglion zu den Gefässen hinziehenden Nervenzweig, ohne jegliche Veränderung in der Pupillenweite.

1) Wir haben schon auf die unvollständige Beschreibung der Versuchsanordnung bei Gruenhagen hingewiesen.

Somit existirt gar kein Zusammenhang zwischen den Bewegungen der Iris und den die Halsgefässe begleitenden Nerven, weshalb die Resultate von Trautvetter, der auf Reizung der Halsgefässe eine Erweiterung der Pupille eintreten sah, anders erklärt werden müssen. Gleiches gilt auch in Bezug auf die sogleich folgenden Versuche von Gruenhagen.

1887 bestätigt Gruenhagen seine 1866 gemachte Angabe, dass er auf Reizung des obersten Halsknotens Pupillenerweiterung eintreten sah, wenn das Thier vorher durch einen Stich in die Hinterhauptgegend getödtet worden war. Die Versuchsanordnung ist nicht angegeben. Gleichwohl war es uns darum zu thun, diese Versuche zu wiederholen. Die Resultate dieser Versuche ersieht man aus folgenden Versuchsprotokollen.

Versuch IX. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Der oberste Nervenknoten und der von demselben bis zum Intertransversalkanal ziehende Theil des Sympathicus wurden auspräparirt und das Thier durch einen Stich zwischen dem Hinterhaupt und dem 1. Halswirbel getödtet. Nach einigen Minuten wurde der Nervenknoten und auch die von ihm abgehenden Aeste gereizt (15 Secunden, bei 8 cm Spiralenabstand). Von einer Veränderung in der Pupillenweite war nichts zu sehen. Verstärkung der Stromstärke (bis 0 cm Spiralenabstand) änderte nichts am Resultate. Kamen die Electroden an Nachbargebilde, so erweiterten sich die Pupillen während der Reizung.

Da die vorhergehenden Versuche uns schon gezeigt hatten, dass die Reizung des Sympathicus wie seines obersten Halsknotens ohne Einfluss auf die Pupillenweite bleibt, so war schon a priori anzunehmen, dass die Erweiterung der Pupillen bei derartigen Versuchen nicht von der Reizung des Sympathicus oder des Ganglion, sondern der Nachbargebilde, von welchen der electrische Strom auf pupillenerweiternde Nervenfasern, welche bekanntlich im Trigeminus verlaufen, übergehen kann, abhängt. Zur Bekräftigung dieser Voraussetzung wurden folgende Versuche vorgenommen.

Versuch X. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Das Thier wurde durch einen Stich zwischen dem Hinterhaupt und dem 1. Halswirbel getödtet. In der Gegend des rechten obersten Halsknotens wurde die Haut durchschnitten. An diese Gegend wurden nun Drahtelectroden angelegt und 15 Secunden lang, bei 4 cm Spiralenabstand gereizt. Es erfolgte eine deutliche Erweiterung der Pupille. Nach 5 Minuten wurde diese Gegend abermals gereizt, nur wurden die Electroden mehr nach hinten gerückt. Während der Reizung erweiterte sich die Pupille. Die Reizung wurde mit gleichem Resultat wiederholt, wobei man die Pupillenerweiterung nicht allein bei Reizung der Gegend über dem Nervenknoten, sondern auch der Nachbarschaft,

mehr zum Hinterhaupt hin, erfolgen sah. Wurden die Electroden näher zum Schnabel applicirt, so trat während der Reizung Verengerung der Pupille auf. Sowohl Erweiterung wie Verengerung dauerten während der ganzen Reizungsdauer an.

Versuch XI. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Der oberste Halsknoten rechts wurde ausgerissen und das Thier hiernach, wie oben, getödtet. 5 Minuten nachher wurden die Theile über dem Nervenknoten 15 Secunden lang, bei 4 cm Spiralenabstand gereizt. Während der Reizung erweiterte sich die Pupille langsam, wie im vorigen Versuche. Die Reizung wurde mehrmals wiederholt, wobei die Electroden an die Stelle, oder etwas hinter der Stelle, wo der Nervenknoten gewesen war, gelegt wurden. Immer erfolgte eine Erweiterung der Pupille. Die Anlegung der Electroden näher zum Schnabel hatte Verengerung der Pupille, wie im vorigen Versuch, zur Folge.

Versuch XII. 9./IV. 87. Eine Taube von mittlerer Grösse. Das Thier wie früher getödtet. Die Gegend über dem rechten Halsknoten blossgelegt. Die Schädelhöhle eröffnet und die Grosshirnhemisphären entfernt. Die Reizung der Gebilde über dem rechten, obersten Halsknoten (15 Secunden, bei 4 cm Spiralenabstand) ergab eine Erweiterung der Pupille. Der rechte Trigeminus, gleich bei seinem Abgange vom Hirn, durchschnitten. Die Reizung derselben Gegend über dem Halsknoten blieb jetzt ohne Einfluss auf die Pupillenweite. Verstärkung der Stromstärke (von 12 cm bis 0 cm Spiralenabstand) ergab eine Erweiterung der Pupille. Die Reizung wurde mit demselben negativen Resultat mehrmals wiederholt. Die Haut über dem linken, obersten Halsknoten entfernt und die Gegend 15 Secunden lang, bei 4 cm Spiralenabstand gereizt. Deutliche Erweiterung der linken Pupille. Die Reizung wurde mehrmals wiederholt, das Resultat blieb immer dasselbe. Jetzt war der linke Ischiadicus auspräparirt und in Ligatur gefasst. Beim Zuschnüren der Ligatur, wie bei der Reizung des centralen Stumpfes (bei 10 bis 0 cm Spiralenabstand) konnte eine Veränderung in der Pupillenweite, sowohl rechts wie links, nicht wahrgenommen werden. Die Reizung wurde mehrmals mit demselben Resultat wiederholt. Aehnliche Versuche an Hühnern und Truthühnern gaben dasselbe Resultat wie bei den Tauben.

Diese Versuche ergaben also, dass bei soeben getödteten Thieren durch Reizung der Gegend, wo der oberste Halsknoten liegt, Veränderungen in der Pupillenweite herbeigeführt werden können und zwar bei Reizung sofort nach dem Tode oder näher zum Schnabel Verengerung der Pupille, und bei der Reizung einige Zeit nach dem Tode oder mehr zum Hinterhaupt hin Erweiterung der Pupille. Ausserdem ist es klar, dass bei diesen Veränderungen in der Pupillenweite der Sympathicus und der oberste Nerven-

knoten keinen Antheil haben, denn 1) giebt die directe Reizung dieser Gebilde keine Veränderungen in der Pupillenweite und 2) erhält man letztere, nachdem der oberste Halsknoten entfernt worden ist. In Anbetracht dessen ist es wohl erlaubt zu behaupten, dass die Erweiterung der Pupille in Folge der Reizung der erwähnten Gegend durch den Uebergangsstrom auf die pupillenerweiternden Nervenfasern im Trigeminus zu Stande kommt. Dieser Schluss wird noch dadurch bestätigt, dass die Erweiterung der Pupille nur beim intacten Trigeminus beobachtet werden kann. Umgekehrt, durchschneidet man den Trigeminus nach seinem Abgange vom Hirn und vor dem Eintritt in das Felsenbein, so bleibt die Erweiterung der Pupille auf die Reizung der Ganglionгegend aus.

Somit muss die Angabe Gruenhagen's, dass die Erweiterung der Pupille vom Sympathicus abhängt, für unrichtig erklärt werden, da seine Beobachtungen bei fehlerhafter Versuchsanordnung gemacht worden sind. Was die Versuche von Trautvetter anbetrifft, so muss angenommen werden, dass er bei der Reizung der Gefässe auch die Nachbargebilde mitreizte, somit ein Uebergang auf das Gehirn nicht ausgeschlossen ist, wodurch auch die Erweiterung der Pupille zu erklären ist.

Das Angeführte erlaubt uns folgende Schlussfolgerung.

Der Sympathicus bei Vögeln unterscheidet sich schon anatomisch von dem bei den Säugethieren.

Der Intertransversalkanal ist bei verschiedenen Vögeln verschieden entwickelt, so ist derselbe bei einigen (Huhn) vollkommen geschlossen, während er bei anderen (Truthahn) nur aus einzelnen Knochenringen, entsprechend den Querfortsätzen der Halswirbel, besteht; zwischen den beiden angeführten existirt eine Reihe von Uebergangsformen.

Bei den Vögeln ist ein Verhältniss des Sympathicus zur Irisbewegung nicht nachweisbar. Der Sympathicus hat an der Irisinnervation in dieser Hinsicht keinen Antheil.

Das 3. Augenlid bewegt sich bei den Vögeln unabhängig vom Sympathicus.

Der Halssympathicus sowie das oberste Halsganglion enthalten vasomotorische Fasern für die Hautlappen am Halse und Kopfe bei einigen Vögeln, ebenfalls für die Conjunctiva und den Augapfel.

Erklärung der Abbildung.

Kopf und Hals von einem Hahn in natürlicher Grösse.
Der rechte Intertransversalkanal geöffnet.

M. e. Der äussere Gehörgang.
M. t. Die Trommelhaut (der Gang geöffnet).
A. Unterkieferrest.
G. s. p. Das oberste Halsganglion des Sympathicus.
R. v. s. Zwei obere Zweige vom Nervenknoten (in der Abbildung nicht deutlich genug).
R. v. v. Der Nervenzweig vom Knoten zu den Gefässen.
P. s Der Theil des Sympathicus, der zwischen dem Ganglion und dem im Intertransversalkanal befindlichen Theil sich befindet.
G. s. Sympathicusganglion.
N. S. y. Halssympathicus.
N. v. Nervus vagus.
N. g. f. Nervus glossopharyngeus.
N. a. Die Anastomose zwischen dem Vagus und Glossopharyngeus.
N. s. Spinalnerven.
O. Der Oesophagus.
B. Knochenringe, welche den Querfortsätzen der Halswirbel entsprechen.
1. Stelle, wo wir die Reizung hauptsächlich vornahmen.
V. j. Die Jugularvene.

Das Rindenfeld des Facialis und seine Verbindungen bei Hund und Kaninchen.

Von

Prof. **Sigm. Exner** und Dr. **J. Paneth,**
Assistenten am physiol. Institute — Privatdocenten für Physiologie
in Wien.

Als der eine von uns vor zwei Jahren seine Untersuchungen über die Rindenfelder des Hundes[1]) publicirte, mussten einige Fragen bezüglich des Zusammenhanges der Facialismuskulatur mit der Rinde offen gelassen werden. Es hatten sich bei Reizung des betreffenden Rindengebietes Erfolge gezeigt, die nicht verständlich erschienen, und weitere Versuche verlangten. Es wurde deshalb schon damals hervorgehoben: „Die Versuche die sich auf den Musculus orbicularis palpebrarum bezogen . . . . sind nach mancher Richtung von den übrigen abweichend und theilweise unaufgeklärt". „Auch das Auftreten bloss gekreuzter oder beiderseitiger Zuckungen" (im genannten Muskel), „das Aufhören gleichseitiger nach blosser Umschneidung, bot manches Auffallende dar. Ich muss mich einstweilen damit begnügen, diese Dinge zu registriren, die zusammenfassende Formel fehlt mir noch" [2]).

Diese Lücke auszufüllen, ist uns, glauben wir, durch die vorliegenden Experimente zum Theile gelungen. Dieselben beziehen sich erstens auf einen eigenthümlichen Reflex im Gebiete des N. facialis, dessen Kenntniss bei der Beurtheilung von Rindenreizungseffecten von Wichtigkeit erscheint, zweitens auf den Verlauf der Bahnen, welche die Erregung vom Rindenfeld des Facialis zur Peripherie führen.

---

1) Paneth: Ueber Lage, Ausdehnung und Bedeutung der absoluten motorischen Felder auf der Hirnoberfläche des Hundes. Dieses Arch. Bd. 37. S. 523.

2) l. c. pag. 553.

I. Reflex von der Dura mater auf den gleichseitigen Orbicularis palpebrarum.

Gewisse Analogieen liessen vermuthen, dass das Rindenfeld des Facialis der einen Seite (es nimmt bekanntlich beim Hunde die lateral vom gyrus sigmoideus gelegene Windung ein) zu den Facialismuskeln beider Seiten in Beziehung steht, denn es verhält sich so mit allen gewöhnlich gleichzeitig durch den Willen innervirten Muskeln der beiden Körperhälften, und es scheint die doppelseitige Innervation bei Thieren eine allgemeine Erscheinung zu sein.

Zuerst haben Francois-Frank und Pitres[1]) für den Hund, und Exner[2]) für das Kaninchen experimentell nachgewiesen, dass die elektrische Erregung einer Hirnrinde nicht nur die gekreuzte, sondern auch die gleichseitige Pfote in Action versetzt, und dass dies nicht durch Stromschleifen, sondern thatsächlich durch Nervenerregungen geschieht, die von der Rinde gegen den Hirnstamm fliessen. Auch folgerte Exner aus seinen Studien über die Rindenlocalisation beim Menschen, dass die Rindenfelder vieler Muskeln bilateral sind[3]), und Pitres[4]) zeigte, dass die willkürliche Muskelinnervation bei Hemiplegischen nicht nur auf der der Läsion gegenüberliegenden, sondern auch auf derselben Seite gelitten hat.

Nachdem sich noch Couty, sowie Jänicke auf Grund ihrer Thierversuche in gleichem Sinne ausgesprochen hatten, unternahm es Lewaschew[5]) unter Heidenhain's Leitung des Genaueren den Verlauf der Erregung zu den gleichseitigen Muskeln zu ermitteln. Er fand für die hintere Extremität, dass die Erregung die von der Rinde ausgeht, im Bereiche der Medulla oblongata die Mittellinie passirt, auf der gekreuzten Seite bis zum Lendenmark herabläuft, und erst da, im Bereiche der primären Centren, wieder über die Mittellinie zurücktritt. Endlich hat in jüngster Zeit Brown-Sequard[6]) an der medialen Fläche des Affengehirns

---

1) Arch. de Phys. XVII.

2) Wiener akad. Sitzber. Bd. 84. 3. Abth. Juli 1881. Auch Hitzig hate schon ähnliche Beobachtungen, die Nackenmuskulatur betreffend, gemacht (s. Untersuch. über das Gehirn, S. 48).

3) Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen. Wien 1881.

4) Arch. de Neurologie. Nr. 10. 1882.

5) Dieses Arch. Bd. 36. 1885.

6) C. R. de la Société de Biologie. Séance du 30. Avril 1887.

benachbarte Stellen gefunden, von denen die eine bei ihrer Reizung Bewegungen in der gleichseitigen, die andere bei Reizung durch gleich starke Ströme Bewegung in der gekreuzten Extremität ergab.

Thatsächlich haben bei Versuchen des Einen von uns[1]), Reizungen des Facialisgebiets beim Hunde, fast ausnahmslos Zuckungen beider musculi orbiculares palpebrarum ausgelöst. Als wir nun, in der Absicht, in diese Verhältnisse Klarheit zu bringen, die Versuche mit Reizung des Facialisfeldes wieder aufnahmen, bekamen wir zunächst nur ausnahmsweise gleichseitige Zuckung bei Reizung der Hirnrinde. Bezüglich der Technik der Experimente sei nur erwähnt, dass wir uns der Ströme des Schlittenapparates bedienten und dass die Hunde zunächst durch eine subcutane Injection von Morphium muriaticum, dann durch Einspritzung von Chloralhydrat in eine Vene narcotisirt wurden. Die Narkose war nie so tief, dass wir das Ausbleiben der gleichseitigen Zuckung darauf hätten beziehen dürfen, und ein Versuch, in dem das Thier absichtlich nur oberflächlich narkotisirt und ein anderer, in dem nur Morphium muriaticum in die vena jugularis injicirt wurde, gaben bei Reizung der Hirnrinde nur gekreuzte Zuckung auch für sehr starke Ströme. Dies war überhaupt die Regel bei unseren Versuchen, und nur ausnahmsweise gelang es, bei Reizung der Hirnrinde nebst gekreuzter auch gleichseitige Zuckung des Orbicularis palpebrarum zu erhalten. Dagegen wurden wir darauf aufmerksam, dass bei Reizung der Dura mater Blinzeln des gleichseitigen Auges eintritt. Schon beim Aufbrechen des Schädels tritt dieser Reflex auf, so oft die Knochenzange eingeführt wird, und dabei auf die Dura drückt: während die Verletzung der Haut, Klopfen auf den Schädel, Durchbohrung des letzteren mit dem Trepan niemals, das Abschaben des Periosts nur ganz ausnahmsweise (in einem einzigen Versuch) den erwähnten Effect hatten. Jeder mechanische Insult, der die Dura mater trifft, das Zerren mit der Pincette, jeder Scheerenschlag in dieselbe bewirkt Zuckung des gleichseitigen Orbicularis palpebrarum. Ebenso die electrische Reizung. Dieser Reflex lässt sich von der Dura mater so ziemlich in der ganzen Ausdehnung der Convexität des Grosshirns auslösen, wenn auch von den vorderen Partieen leichter. Er tritt — bei passender Ab-

1) l. c. Paneth.

stufung des mechanischen oder electrischen Reizes — völlig isolirt auf, ohne von irgend einer anderweitigen Muskelaction begleitet zu sein. Bei Verstärkung des Reizes gesellen sich zu dem Blinzeln des gleichseitigen Auges Zuckungen der anderen Gesichtsmuskeln, dann auch der Körpermuskeln und Schreien des Thieres: wir haben dann allgemeine Schmerzäusserungen vor uns. Aber sowohl jene erwähnten mechanischen, als auch electrische Reize von der Stärke, wie sie gewöhnlich auf das Gehirn applicirt werden mussten, um Zuckungen hervorzurufen, ergeben in der überwiegenden Mehrheit der Fälle von der Dura aus Nichts als eine völlig isolirte Zuckung des gleichseitigen Orbicularis palpebrarum, ein Blinzeln des gleichseitigen Auges. Da nun die electrische Reizung des Gehirns in unseren Experimenten nur gekreuzte Wirkung zu geben pflegte, so hatten wir es völlig in der Hand, durch Application der Electroden auf die Hirnoberfläche oder auf die Dura das gekreuzte oder das gleichseitige Auge blinzeln zu lassen. Seitdem wir auf diesen Reflex aufmerksam geworden waren, haben wir denselben nie vermisst; wenn er auch bei sehr tief narkotisirten Hunden von Anfang an schwächer sein oder im Verlauf des Versuchs, mit zunehmender Erschöpfung des Thieres, sich verlieren mochte[1]).

Die Existenz dieses Reflexes, zusammen mit dem Umstand, dass wir bei unseren Experimenten von der Hirnrinde aus nur ausnahmsweise den gleichseitigen Orbicularis palpebrarum zur Contraction bringen konnten, machen nun den Nachweis einer directen Beziehung zwischen diesen beim Hunde schwierig, wenn nicht unmöglich. Dass bei früheren Experimenten so häufig auf Rindenreizung beiderseitige Zuckung auftrat, müssen wir darauf zurückführen, dass damals die Dura mater nicht in solcher Ausdehnung entfernt wurde, wie bei unseren jetzigen Experimenten. So konnten bei Rindenreizung Stromschleifen die Dura mater leichter und öfter in hinreichender Stärke treffen, als bei den neueren Versuchen, in denen jedesmal das Schädeldach in grosser Ausdehnung aufgebrochen und die Dura mater eben so weit entfernt wurde.

---

1) Auch E. Dupuy (C. R. Soc. de Biologie Seac. 30. Avril 1887) hat unter gewissen Verhältnissen Contractionen verschiedener Körpermuskeln bei Reizung der Dura mater bei Katzen, Hunden und Affen hervorgerufen.

Diese Annahme, dass es sich nämlich bei der gleichseitigen Zuckung des Orbicularis durch Rindenreizung beim Hunde vielfach um Stromschleifen gehandelt habe, die die Dura mater trafen, erklärt auch manche von den Unregelmässigkeiten, die in der Eingangs erwähnten Abhandlung Paneth's hervorgehoben wurden, z. B. das Fortbestehen der gleichseitigen Zuckung nach Unterschneidung (l. c. S. 552, XXXIV. Versuch) oder das öfters beobachtete Verschwinden derselben nach blosser Umschneidung, wobei ja die Ueberströmung des Gehirns mit Blut und die Einführung einer Schichte Blut in die Hirnsubstanz die physikalischen Verhältnisse der Stromvertheilung verändern mochten. So wahrscheinlich also nach den angeführten Analogien, und nach dem jetzt zu besprechenden Verhalten des Kaninchens auch beim Hunde eine Beziehung der Hirnrinde einer Seite zu beiden Orbiculares palpebrarum sein mag, so wenig kann davon die Rede sein, dass sie nachgewiesen wäre. Demzufolge mussten wir es aufgeben, dem Verlauf der die gleichseitige Gesichtshälfte innervirenden Fasern beim Hunde[1]) nachzugehen, und haben diese Untersuchung am Kaninchen durchgeführt.

II. Die Beziehung der directen Rindenfasern zum Nervus facialis.

Wir haben uns zunächst davon überzeugt, dass beim Kaninchen thatsächlich von der Hirnrinde einer Seite aus die Muskeln bei-

1) Es sei hier erwähnt, dass wir sehr häufig bei Reizung des Facialisfeldes klonische Krämpfe des gekreuzten Orbicularis erhalten haben, die bis gegen zwei Minuten nach Aufhören des Reizes andauerten und nur ganz ausnahmsweise sich verallgemeinerten, d. h. in den universellen epileptischen Insult übergingen — was einen merkwürdigen Unterschied zwischen dem Verhalten des Facialisfeldes und demjenigen des Extremitätenfeldes darstellt, dessen Reizung mit Inductionsströmen so leicht und sicher den allgemeinen epileptischen Anfall hervorruft. Wurde nun das Facialisfeld gereizt, während die klonischen Zuckungen des Orbicularis bestanden, so sahen wir, dass diese für die Dauer des Reizes durch eine tonische Contraction dieses Muskels sistirt wurden. Es liegt nahe, die Unfähigkeit der Krämpfe in den Facialismuskeln auf die Extremitätenmuskeln überzugreifen, auf die isolirte Lage des Facialisgebietes in der Rinde zu beziehen. Die Rindenfelder der vorderen und der hinteren Extremität liegen eben grösstentheils in einander, daher das leichte Ueberspringen der Erregungen von einer Extremität auf die andere bei Rindenreizung. Anders beim Rindenfeld des Facialis (vergl. Paneth l. c. Taf. VI. Figur 1).

der Gesichtshälften innervirt werden. Auch hier kamen die Ströme des Schlittenapparates zur Verwendung, die Narkose wurde entweder durch Injection von Aethyl-Urethan oder von Chloralhydrat in die Vena jugularis bewirkt. Reizung des Facialisfeldes ruft hier ausnahmslos Contractionen in den beiderseitigen Gesichtsmuskeln hervor (es wurde vornehmlich auf Zuckungen im Bereich der Oberlippe geachtet, da sich Lidschluss nicht mit Sicherheit durch Rindenreizung erzielen liess). Es war, wie diess auch bei den Extremitäten der Fall ist[1]), die gleichseitige Zuckung meistens erst bei etwas stärkeren Strömen bemerklich, als die gekreuzte, und war stets schwächer als diese. Durch Auflegen des Fingers konnte man sich überzeugen, dass wirklich in der gleichseitigen Oberlippe eine Muskelcontraction, nicht etwa bloss eine passive Bewegung durch die Zuckung der anderen Hälfte, stattfand. Die „Unterschneidung" der erregbaren Rindenparthie, das heisst die Durchtrennung der von derselben ausgehenden weissen Fasern mit Hilfe eines gekrümmten zweischneidigen Messerchens hob den Effect der Rindenreizung für beide Gesichtshälften auf. Selbstverständlich haben wir beim Kaninchen nach einem Reflex von der Dura aus gesucht, analog demjenigen beim Hunde: aber ohne Erfolg. Wenn also durch den constanten Erfolg der Rindenreizung und durch den Effect der „Unterschneidung" die doppelseitige Innervation der Facialismuskeln beim Kaninchen bewiesen ist, so muss man sich bezüglich des Verlaufes derjenigen Fasern, die zur gleichnamigen Gesichtshälfte gehen, die Frage vorlegen, auf welchem Wege sie dies thun. Ob sie durch den Balken in die andere Hemisphäre eintreten und dort das Facialisfeld der Rinde in Miterregung versetzen? Das ist nicht der Fall. Denn die vollständige Spaltung des Balkens nicht nur, sondern auch der Commissuren lässt den beiderseitigen Effect von beiden Hemisphären aus unverändert fortbestehen. Es wurden, um darüber Aufschluss zu gewinnen, bei mehreren Thieren Schnitte geführt, die die beiden Hemisphären von vorne bis in das Vierhügelgebiet trennten und in der Medianebene lagen. Ob diese Miterregung des Rindengebiets der anderen Seite durch Fasern stattfindet, welche im Pons übertreten und von da dem Rindenfeld der anderen Seite zu-

1) Vergl. Sigm. Exner l. c.

streben? Auch dies ist nicht der Fall. Es hat überhaupt die Hirnrinde der anderen Seite Nichts mit der beiderseitigen Zuckung zu thun. Denn wenn man diejenige Parthie der Hirnrinde, deren Reizung Zuckungen im Facialisgebiet auslöst, auf der einen Seite „unterschneidet", so dass ihre Reizung nunmehr erfolglos ist, oder vollends exstirpirt, so ergibt eine Reizung der Hirnrinde der anderen Seite doppelseitige Zuckung, wie zuvor. An dem Zustandekommen der gleichseitigen Zuckung ist also die Hirnrinde der anderen Seite völlig unbetheiligt — wie dies für die Contractionen der gleichseitigen Extremitäten auf Rindenreizung von Einem von uns[1]) schon früher nachgewiesen worden ist.

Wenn man hingegen die Medulla oblongata median spaltet, so hören die beiderseitigen Zuckungen von beiden Hemisphären aus vollständig auf.

Folgende zwei Experimente mögen, um das zu zeigen, aus unseren Protokollen ausgehoben sein.

17./6. 87. Kaninchen, Urethan-Narkose. Reizung der l. Hemisphäre: beiderseitige Zuckung im Gebiet des Mundfacialis. Einleitung künstlicher Athmung, Spaltung der Oblongata in der Mittellinie: Die Reaction erlischt beiderseits auch für viel stärkere Ströme. Die Section zeigt, dass der Schnitt in der Oblongata durchaus merklich medial liegt. Er reicht nach vorne 1—2mm über das vordere Ende des vorderen Zweihügels, nach hinten etwas über die Spitze des Calamus scriptorius.

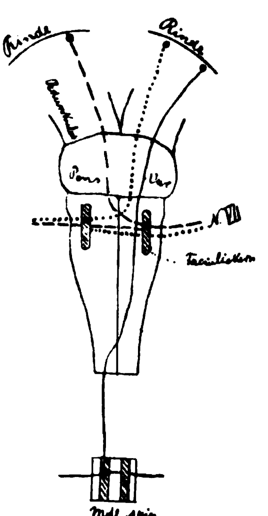
Kaninchen, Urethan-Narkose. Die zuerst von beiden Hemisphären aus zu erzielende beiderseitige Zuckung erlischt vollständig, auch für viel stärkere Ströme. Die Section zeigt, dass der Schnitt in der Oblongata nach vorne mehrere Millimeter über die vorderen Zweihügel hinausreicht, nach hinten bis zur Spitze des Calamus scriptorius geht. Er liegt an der oberen (rückwärtigen) Fläche streng in der Mittellinie und weicht an der unteren (vorderen) etwa $^1/_2$ mm nach links ab.

Beide Kaninchen haben nach der Mediantrennung der Oblongata spontane Athembewegungen gemacht, wenn die künstliche Athmung sistirt wurde.

Es ergibt sich somit ein ähnliches Verhalten für die Innervation der gleichseitigen Gesichtshälfte von der Rinde aus, wie es von Lewaschew für die Innervation der gleichseitigen Extremitäten nachgewiesen worden ist. Der Verlauf der in Betracht kommenden Fasern von der Rinde aus ist derart, dass in der Medulla ob-

1) Exner l. c.

longata eine totale Kreuzung stattfindet, was dadurch bewiesen ist, dass ein medial in letzterer geführter Schnitt den Effect der Rindenreizung für beide Gesichtshälften aufhebt. Das könnte nicht der Fall sein, wenn etwa Fasern für die Innervation der gleichnamigen Gesichtshälfte ungekreuzt zu dem betreffenden Facialiskern verliefen. Da nun auch eine Betheiligung der anderen Hemisphäre an dem Zustandekommen der gleichseitigen Zuckung ausgeschlossen ist, weil diese auch nach der Medialdurchtrennung des Balkens und der Commissuren sowie nach der Unterschneidung, bez. Exstirpation des Rindenfeldes der anderen Seite unverändert fortbesteht, so muss man annehmen, dass in der Medulla oblongata, am wahrscheinlichsten zwischen den Facialiskernen, Bahnen übertreten, welche die Miterregung der Facialisfasern der gleichnamigen Seite bewirken: wie dies auf untenstehendem Holzschnitt schematisch ausgeführt ist, welcher die Bahn der Facialisfasern zum Kern und zur Peripherie nach unseren, die Bahn der Extremitätennerven nach Lewaschew's Experimenten darstellt. Dabei muss dahingestellt bleiben, ob die Rindenbahnen auch noch im gleichseitigen Kern eine centrale Unterbrechung erleiden, oder an ihm nur vorbeistreifen (wie solche vom Austritt des Nerven bis zur Mittellinie anatomisch nachgewiesen sind).



| Rindenbahn der hinteren Extremitäten, bis in das Lendenmark reichend.

¦ Rindenbahn der linken N. facialis, die nach der Kreuzung den primären Kern passirt und zum Nerven wird. Dieselbe Bahn führt auch, sei es mit oder ohne Unterbrechung im linken Facialiskern, zu dem rechten, mit dessen Fasern ihre Erregungen dem rechten N. facialis zufliessen.

⋮ Rindenbahn des rechten N. facialis.

Ob etwa von der gereizten Rindenstelle nebst den den gekreuzten Muskeln angehörigen Nervenfasern und gemischt mit diesen auch solche verlaufen, welche schon in der Rinde prädestinirt sind, ihre Erregung den gleichseitigen Muskeln zuzuführen, sei es mit oder ohne Vermittelung der primären Facialiskerne, wie diess für die Extremitätenmuskeln Brown-Sequard angiebt, darüber geben

unsere Versuche keinen Aufschluss. Doch ist keine Ursache vorhanden, diese Complication anzunehmen. Vielmehr erklärt sich Alles am einfachsten, wenn man im Sinne von Heidenhain und Lewaschew die primären Kerne als in solcher functioneller Beziehung stehend annimmt, dass der eine nicht leicht ohne den der anderen Seite in Action treten kann.

Wir suchten nun ferner zu ermitteln, wie weit nach abwärts in der Medulla oblongata jenes Gebiet reicht, das intact sein muss, wenn die functionelle Uebertragung der Erregung von den directen Fasern auf den N. facialis beiderseits ungestört ablaufen soll; mit anderen Worten, wie weit nach abwärts reichen die bei dieser Action in Betracht kommenden primären Facialiscentren? Diesen Zweck erreichten wir dadurch, dass wir in der Medulla von unten nach oben fortschreitend Querschnitte anlegten und nachsahen, welche Lage dieselben haben mussten, um den Erfolg der Rindenreizung für die Zuckungen der Gesichtsmuskeln zu sistiren. Selbstverständlich waren die Thiere dabei künstlich respirirt. Wir suchten durch Vermeidung von Blutungen, indem wir die Nackenmuskeln zwischen Massenligaturen durchschnitten und den Rest stumpf von der Membrana obturatoria und den Schädelknochen abpräparirten, die Erschöpfung der Thiere thunlichst hintanzuhalten.

In einem Experiment hat schon ein Schnitt durch die Spitze des Calamus scriptorius den Effect der Rindenreizung aufgehoben, bis auf ein schwaches Flimmern in den betreffenden Hautparthieen, das auch nach einiger Zeit aufhörte. Doch ist zu bemerken, dass dieser Schnitt der dritte durch die Medulla oblongata geführte war. Die zwei ersten lagen tiefer. Es mag das Thier also wohl schon sehr an Erregbarkeit verloren haben. In allen übrigen Versuchen liess ein Schnitt durch die Spitze des Calamus scriptorius den Effect der Rindenreizung unverändert fortbestehen. Doch wurde dieser vollständig, auch für die stärksten verfügbaren Ströme, aufgehoben, wenn der Schnitt (bei kleinen Thieren) oben 2—3 mm vor der Spitze des Calamus scriptorius, unten 3—4 mm hinter dem hinteren Rande des Pons lag, in merklich frontaler Richtung geführt. Da nun der Nervus facialis bei Kaninchen von der Grösse der verwendeten 2—3 mm hinter dem hinteren Rand des Pons austritt, so folgt aus unseren Versuchen, dass der hier in Betracht kommende Antheil des Kernes desselben noch um 1—2 mm weiter nach hinten reicht. Schnitte, die weiter oben die Medulla durchtrennten, haben

den Effect der Rindenreizung stets coupirt. Selbsverständlich wurde das Ergebniss jedes Versuches durch die Section controllirt.

Auch bei Hunden haben wir in demselben Sinne nach der Lage des Facialiskerns gesucht. Drei diesbezügliche Versuche haben ergeben, dass Querdurchtrennung der Medulla oblongata etwas vor der Spitze des Calamus scriptorius den (hier bloss gekreuzten) Effect der Rindenreizung fortbestehen lässt; während ein Frontalschnitt, der einige Millimeter weiter vorne lag, denselben coupirt. Also reicht auch beim Hund der bewusste Antheil des Kernes des Nervus facialis bis hinter den Ort, wo dieser Nerv zu Tage tritt, es müsste denn angenommen werden, dass das Ausbleiben der Zuckungen auf indirecten Wirkungen beruht.

Ueber die Theorie des simultanen Contrastes von Helmholtz.

Von

Ewald Hering,
Professor der Physiologie an der deutschen Universität in Prag.

Dritte Mittheilung.

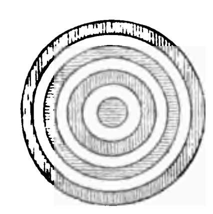
Der Spiegelcontrastversuch.

Hierzu 1 Holzschnitt.

Man befestige eine rechteckige farbige Glasplatte so auf einem Tische, dass sie mit einer Kante auf der Ebene desselben aufliegt und eine Neigung von 45° zu derselben hat. Unter der Glasplatte befinde sich auf dem Tische ein quadratisches steifes und ganz ebenes weisses Blatt; ein zweites ebensolches Blatt werde senkrecht so befestigt, dass seine auf der Tischebene ruhende Kante der entsprechenden Kante der Glasplatte dicht anliegt. Blickt

man mit einem Auge von oben durch die Glasplatte, so wird das von dem horizontalen Blatte zum Auge kommende Licht durch das Glas grün gefärbt, während das senkrecht stehende Blatt weisses, an der oberen Fläche der Glasplatte gespiegeltes Licht ins Auge schickt, so dass wir ein weissliches Grün sehen. Das gespiegelte Licht ist allerdings nicht rein weiss, weil die Glasplatte eigentlich ein doppeltes Spiegelbild des senkrechten Blattes erzeugt, ein rein weisses an der vorderen und ein grün gefärbtes an der hinteren Fläche. Das letztere kommt aber wegen seiner Lichtschwäche gegenüber dem ersteren hier nicht wesentlich in Betracht.

Macht man auf beide weisse Blätter einen schwarzen Fleck, so sieht man, wenn die Glasplatte und die beiden weissen Blätter gut angeordnet sind, beide Flecke, den direkt und den im Spiegelbilde gesehenen, in derselben Ebene; sollten sie sich zufällig decken, so braucht man nur das eine Blatt ein wenig zu verschieben. Die dem direkt gesehenen Flecke entsprechende Netzhautstelle erhält hierbei kein durchfallendes grünes, sondern nur gespiegeltes weisses, die dem Spiegelbilde des anderen Fleckes entsprechende kein gespiegeltes weisses, sondern nur durchfallendes grünes Licht. Der letztere Fleck erscheint deshalb gesättigt grün, der erstere aber nicht farblos, wie dies der objectiven Beschaffenheit des zugehörigen Lichtes entsprechen würde, sondern in einem nicht gesättigten Roth, welches rein subjectiv ist und durch den Contrast entsteht.



Figur 1.

Ich fand es zweckmässig, auf den weissen Blättern schwarze Ringe derart anzubringen, dass das Auge ein Bild bekommt, wie es Figur 1 uns zeigt. Die hier horizontal schraffirten Theile gehören dem direct gesehenen Papiere an und erscheinen grün, die im Spiegelbilde gesehenen, hier vertikal schraffirten Ringe befinden sich auf dem vertikalen Blatte und erscheinen roth. Die ganze übrige Fläche erscheint weisslich grün. Durch Beschattung des horizontalen Blattes mittels passend aufgestellter farbloser Schirme regelt man das Helligkeitsverhältniss der beiden Blätter so, dass die rothe Contrastfarbe möglichst entschieden sichtbar wird. Die Wirkung ist dann eine überraschende. Jeder auf der Figur sichtbare helle oder dunkle Ring hat die Breite von 1 cm.

Am Besten ist es, eine kleine längliche rechtwinklige Kiste mit quadratischem Querschnitt zu benützen, deren Innenwände mattschwarz gefärbt oder mit schwarzem Wollpapier ausgekleidet sind, wie es die Optiker zum Auskleiden der Röhren optischer Instrumente benützen. Diese Kiste wird auf die eine quadratische Seitenwand gestellt und mit der offenen Langseite gegen das Fenster gekehrt. Auf die Innenseite der unten liegenden Wand kommt das eine weisse Blatt zu liegen, auf den senkrecht stehenden Boden der Kiste das andere, und die eingeschobene Glasplatte ist zu beiden unter 45° geneigt. Die obere quadratische Wand wird entfernt und man kann, wo es nöthig ist, Papptafeln mit beliebig grossen Ausschnitten an ihre Stelle bringen.

Das subjective Roth, welches bei diesem Versuche bisweilen in derselben Sättigung wie das objective Grün gesehen wird, erklärt Helmholtz, wie auch bei einer Reihe anderer Contrastversuche, in folgender Weise[1]):

„In allen diesen Fällen scheint eine farbige Beleuchtung oder eine farbige durchsichtige Decke über das Feld ausgebreitet zu sein, und die Anschauung ergiebt nicht unmittelbar, dass sie auf der weissen Stelle fehlt, so dass hier nicht bloss einfach an Stelle des Weiss die Complementärfarbe des Grundes gesetzt wird, dass man vielmehr an die Stelle des Weiss zwei neue Farben setzt, die Farbe des Grundes und deren Complement.“ . . . . .

„Man urtheilt, dass der schwarze Fleck des unteren horizontalen Blattes rosenroth sei, aber man urtheilt auch, dass man diesen Fleck wie das ganze Blatt mit seiner rosenrothen Farbe durch das grüne Glas sehe, und dass die grüne Farbe, welche das Glas giebt, sich ununterbrochen über die ganze untenliegende Fläche erstreckt, auch über den dunklen Fleck. Man glaubt also an dieser Stelle gleichzeitig zwei Farben zu sehen, nämlich das Grün, welches man der Glasplatte zuschreibt, und das Rosenroth, welches man dem dahinter liegenden Papier zuschreibt, und beide zusammen geben in der That die wahre Farbe dieser Stelle, nämlich Weiss. In der That müsste ein Object, welches, durch ein grünes Glas gesehen, weisses Licht in das Auge sendet, wie dieser Fleck, rosenroth sein.“

Hier hat Helmholtz übersehen, dass der Versuch ebenso gelingt, wenn man die Glasplatte als solche gar nicht sieht oder überhaupt gar nichts von dem Vorhandensein einer Glasplatte weiss. Ist der Versuch gut eingerichtet, so bemerkt Niemand,

1) Physiol. Opt. S. 407.

dass sich überhaupt zwischen der unteren horizontalen Fläche und dem Auge ein Glas befindet. Es ist nur erforderlich, dass erstens die Glasplatte ganz rein und gleichartig ist, dass zweitens ein auf die obere offene Seite des Kistchens gelegter Deckel mit kreisrundem Ausschnitt die Ränder des Glases unsichtbar macht, und dass drittens die beiden weissen Blätter mit den schwarzen Ringen ganz eben und so aufgestellt sind, dass das Spiegelbild der einen genau in die Ebene der anderen fällt. Am besten ist es, das weisse Papier feucht zu machen und über eine quadratische ebene Glastafel zu spannen, indem man seine umgebogenen Ränder auf die Rückseite der Tafel anklebt. Nach dem Eintrocknen ist das Papier ganz eben. Die schwarzen Ringe werden aus mattschwarzem Papier oder aus dem erwähnten schwarzen Wollpapier geschnitten.

Hält man nun den Kopf ruhig über die erwähnte Oeffnung, so sieht man weder etwas von der Glasplatte, noch bemerkt man, dass hier eine Spiegelung stattfindet, ganz besonders dann nicht, wenn man zu kurzsichtig ist, um für die Entfernung, in welcher die Fläche mit den Ringen erscheint, akkommodiren zu können. Wer nicht kurzsichtig ist, kann sich durch eine entsprechende schwache Sammellinse kurzsichtig machen.

Kinder und Solche, die die Einrichtung des Versuchs nicht kennen, bemerken die Glasplatte nie, geben vielmehr an, dass sie eine hell- oder weisslichgrüne Fläche sehen, auf welcher sich grüne und rothe Ringe befinden. Schon der Umstand, dass man grüne und rothe Ringe nebeneinander auf derselben Ebene sieht, schliesst für den Unbefangenen die Vermuthung und Vorstellung aus, dass die Farben nicht der Fläche selbst angehören, sondern durch ein Glas oder irgendwelche grüne Beleuchtung hervorgebracht sind. Die Farben erscheinen vielmehr durchaus als Eigenschaften der Fläche, werden so aufgefasst und beschrieben. *Somit erweist sich die von Helmholtz gegebene Erklärung des Versuchs als thatsächlich unzutreffend.*

Entfernt man den Pappdeckel mit der runden Oeffnung von dem Kistchen, so sieht man die Contrastfarben wie zuvor; ebenso wenn man sie abermals auflegt. Verschiebt man das untere weisse Blatt und die Glasplatte, ohne deren Neigung zu ändern, nach vorn, so erscheinen beim Binokularsehen die grünen gespiegelten Ringe deutlich *unter* der Ebene, in welcher die rothen Ringe gesehen

werden. Verschiebt man dagegen das vertikale Blatt und die Glasplatte ohne Aenderung ihrer Neigung nach oben, so erscheinen die rothen Ringe in einer unter der Ebene der grünen Ringe liegenden Ebene. Das zwischen den Ringen erscheinende helle Grün wird nun bald als eine ganz durchsichtige grüne Decke aufgefasst, in welcher die näher gesehenen Ringe liegen und durch welche hindurch man die ferneren sieht, bald als eine Flächenfarbe der Ebene, in welcher die ferneren Ringe liegen, während die näheren über dieser Ebene in der Luft schweben, oder endlich man lokalisirt das Hellgrün überhaupt nicht bestimmt, die näheren und die ferneren Ringe schweben in dem Hellgrün, wie die Vögel in der blauen Luft.

Die Farbe der rothen, durch Contrast gefärbten Ringe bleibt hierbei unter allen Umständen dieselbe, und insbesondere ist es ganz gleichgültig, ob man diese rothen Ringe zufällig vor oder hinter dem, in derselben Ebene mit dem grünen Ringe lokalisirten Hellgrün sieht. Ja, sogar wenn man sich absichtlich die eine oder die andere Vorstellung macht, so ändert dies an der Farbe der rothen Ringe gar nichts. Sorgt man dafür, dass ein Unbefangener den Versuch binokular anstellen kann, ohne die Grenzen der Glasplatte zu sehen, wozu Alles in entsprechend grossen Dimensionen ausgeführt sein muss, so beschreibt er das, was er sieht, in der eben angegebenen Weise.

Für die Contrastfärbung erscheint es also ganz gleichgültig, ob man die Vorstellung erhält, dass die roth erscheinenden Ringe durch eine durchsichtige grüne Decke z. B. ein grünes Glas hindurch gesehen werden, oder aber die Vorstellung, dass sie vor einer hellgrünen Fläche mit dunkelgrünen Ringen schweben, oder endlich die Vorstellung, dass man eine farbige Fläche mit verschieden gefärbten Ringen sieht. Die rothen Ringe erscheinen immer gleich roth. Diese Abänderungen des Versuchs zeigen ebenfalls in schlagender Weise die Unzulässigkeit der von Helmholtz für diese und ähnliche Fälle von Contrastwirkung gegebenen Erklärungen.

Wir haben bis jetzt diese Versuche ebenso wie Helmholtz derart angestellt, dass die Mitwirkung des successiven Contrastes nicht ausgeschlossen war. Derselbe lässt sich jedoch leicht ausschliessen, wenn man zuerst die der Lichtquelle zugewandte offene Seite des Kastens bis zur Höhe des oberen Randes der geneigten

Glasplatte mit einem innen geschwärzten Deckel verschliesst, so dass nur noch das vertikale Blatt beleuchtet ist. Fixirt man nun einen bestimmten Punkt des farblosen Spiegelbildes derselben, den man zuvor auf dem weissen Blatte markirt hat, und entfernt plötzlich die Decke, so färbt sich das Bild sofort in der oben besprochenen Weise. Das Contrastroth der bezüglichen Ringe ist natürlich nicht so stark entwickelt, wie bei Mitwirkung des successiven Contrastes, aber doch ganz deutlich. Wie bei allen rein simultanen Contrasterscheinungen ist auch diese Contrastfarbe im ersten Augenblicke am deutlichsten, weicht allmählich einem farblosen Grau und geht schliesslich, bei noch längerer Dauer der Fixation, in ein grünliches Grau über (simultane Lichtinduction), wie ich dies Alles seinerzeit ausführlich beschrieben habe.

Aus dem baldigen Wiederverschwinden der simultanen Contrastwirkung, welches in ganz gesetzmässiger Weise eintritt, erklärt sich nun auch folgende Thatsache. Hat man den Versuch mit nicht fest fixirendem Auge begonnen, und ist die Contrastfärbung unter Mitwirkung des successiven Contrastes deutlich sichtbar, und man betrachtet nun eine durch den Contrast gefärbte, objectiv farblose Stelle genauer, so hält das Auge ganz von selbst an oder bewegt sich höchstens innerhalb jenes kleinen Gebietes, auf welches man seine Aufmerksamkeit concentrirt. Man bemerkt dann, je genauer man die Stelle auf ihre Farbe prüft, immer weniger von der Contrastfarbe. Dieselbe schwindet eben in dem Maasse als der Blick auf der objectiv farblosen Stelle verweilt, weil sowohl die simultane Contrastwirkung nur relativ kurze Dauer hat, als auch die successive wieder aufhört, wenn sich der Blick schon längere Zeit nicht auf den objectiv farbigen Theilen der Fläche bewegt hat. So kann man allerdings, wie Helmholtz in analogen Fällen, zu der irrthümlichen Ansicht kommen, dass das anfängliche Erscheinen der Contrastfarbe nur durch ein, jetzt wieder hinfällig gewordenes und nur auf einer irrigen Auffassung der Umstände beruhendes sogenanntes psychisches Moment z. B. ein „falsches Urtheil" bedingt gewesen sei.

Man erzeuge auf einer weissen Fläche einen kleinen äusserst schwachen, eben noch bemerklichen Schatten und fixire eine zuvor markirte Stelle: in wenigen Sekunden verschwindet der Schatten, um sofort wieder aufzutauchen, wenn man das Auge seitwärts bewegt, oder den Schatten durch Bewegung der Lichtquelle oder des

schattengebenden Körpers verschiebt. Oder man beleuchte eine weisse Fläche durch zwei Flammen und stelle vor die eine Flamme einen undurchsichtigen Schirm mit einem kleinen Loche, so dass etwas Licht von der hinter dem Loche befindlichen Flamme auf eine kleine Stelle der weissen Fläche fällt und diese heller erscheinen lässt als ihre Umgebung. Bringt man vor das Loch ein farbiges Glas, so erscheint diese Stelle zugleich gefärbt. Man regulirt nun die Helligkeit so, dass der hellere und farbige Fleck auf dem Weiss nur noch schwach bemerkbar ist. Fixirt man dann fest eine markirte Stelle des Fleckes, so verschwindet er sehr bald, um sofort wieder deutlich zu werden, wenn man den Schirm mit dem Loche oder aber das Auge bewegt. Wenn nun Jemand in solchen Fällen schliessen wollte, dass der anfangs gesehene Schatten oder hellere Fleck nur auf einer irgendwie erzeugten Täuschung beruht habe und infolge der genaueren Betrachtung der bezüglichen Stelle des Papiers sich als nicht vorhanden erwiesen habe, so würde seine Schlussfolgerung ebenso wenig berechtigt sein, wie die, dass aus dem Verschwinden einer Contrastfärbung beim festen Anhalten des Blickes zu schliessen sei, die anfangs deutlich gewesene Contrastfärbung sei nur die Folge eines falschen Urtheils und nicht die Folge eines entsprechenden physiologischen Processes im Sehorgan gewesen.

Ich komme nun zur Besprechung jener Beobachtung, aus welcher Helmholtz ganz besonders den Schluss zog, dass die Contrastfarbe bei dem beschriebenen Versuche nicht physiologisch, sondern aus einem falschen Urtheil zu erklären sei, und welche also die Hauptveranlassung zu jener Art von Erklärung des Versuches wurde, welche ich oben als unzulässig erwiesen habe.

Helmholtz sagt (S. 405):

„Sucht sich nun der Beobachter ein graues Papier aus, welches genau dieselbe Farbe hat, wie ihm der Fleck e ohne Contrast erscheinen würde, und bringt er davon ein Schnitzelchen über die farbige Glasplatte, so dass es ihm den Fleck e halb verdeckt, so erscheint ein solches Schnitzelchen gar nicht oder nur zweifelhaft complementär gefärbt, und sobald man die Farbe des Flecks e mit ihm vergleicht, und sie als gleich anerkennt, schwindet auch die Complementärfarbe von e und verwandelt sich in einfaches Grau.“

Bringen wir nämlich ein weisses oder graues Object oberhalb der Glasplatte an „so fällt (nach Helmholtz S. 407) jeder Grund weg, die Farbe des Objekts in zwei zu zerlegen, es erscheint uns weiss“ oder grau. Indem wir dann dieses Grau mit

der Farbe des anderen objectiven Grau, welches uns subjectiv farbig erschien, vergleichen, erkennen wir, dass jenes ebenfalls farblos ist und desshalb schwindet nach Helmholtz die Contrastfarbe.

Es lassen sich gegen die Benützung des Schnitzels [1]) zunächst alle jene Bedenken erheben, welche ich in meiner letzten Mittheilung erörtert habe. Auch hier ist es überdies kaum möglich, ein graues Schnitzel zu finden, welches, über die farbige Glastafel gehalten, genau gleich dem gespiegelten Weiss erscheint (während die horizontale Tafel mit schwarzem Wollpapier bedeckt wird). Ich musste mich also hier mit möglichst angenäherter Gleichheit begnügen und suchte mir dasjenige graue Papier von feinem Korn aus, welches, wenn auch nicht nach seiner Helligkeit, so doch nach seinem Tone das passendste war, schnitt eine kleine ganz ebene Scheibe von 8 mm Durchmesser mit dem Locheisen aus und befestigt sie an einem durch die Wand des Kastens an passender Stelle hindurch gesteckten Drahte etwas über dem Glase. Indem ich nun den Draht drehte oder bog, konnte ich es dahin bringen, dass die Scheibe, aus einer ganz bestimmten Richtung gesehen, auch die gleiche Helligkeit hatte wie das Grau, als welches ich das gespiegelte Weiss des vertikalen Blattes sah, wenn ich das horizontale Blatt entweder in der oben beschriebenen Weise ganz verdunkelte oder mit einem schwarzen Wollpapier bedeckt hatte. Da letzteres Grau an verschiedenen Stellen des Spiegelbildes nothwendig verschieden hell ist, so passt das Grau der kleinen Scheibe eben nur zu dieser ganz bestimmten Stelle des grauen Spiegelbildes. Die kleine Scheibe war so angebracht, dass sie, sobald das horizontale Blatt wieder sichtbar gemacht wurde, entweder dicht neben einem der rothen Ringe und also über dem weissgrünen Grunde oder aber ganz oder theilweise über einem solchen Ringe erschien, den sie also an der entsprechenden Stelle deckte.

Hierbei erschien nun sowohl mir als anderen Beobachtern die Scheibe ausnahmslos in genau dem-

1) Bei Erörterung des Meyer'schen Contrastversuchs (s. II. Mittheilung) habe ich empfohlen, das graue Papierschnitzel mit demselben Florpapiere zu überziehen, wie das farbige Blatt. Denselben Kunstgriff hat schon J. K. Becker (Poggendorff's Annal. d. Phys. Ergänzungsb. V. S. 305) angewendet, dessen Abhandlung ich nach einer Zwischenzeit von etwa 15 Jahren kürzlich wieder durchlas.

selben Rothgrau wie die bezüglichen Ringe, gleichviel ob der Versuch ohne oder mit Ausschluss des successiven Contrastes in oben beschriebener Weise angestellt wurde, und gleichviel ob das grüne Glas als solches sichtbar, oder seine Grenzen unsichtbar waren. Ja sogar binokular liess sich der Versuch mit demselben Erfolge anstellen, wobei das Ganze aus etwas grösserer Entfernung betrachtet wurde, um eine Störung durch allzu disparate Doppelbilder zu vermeiden. Die kleine Scheibe erschien dann in zwingenderer Weise viel näher als die Ringe und, wenn die Grenzen des Glases sichtbar waren, über letzterem. Die Angabe von Helmholtz erwies sich somit als unzutreffend.

Möglich, dass Helmholtz minder energische Farbenempfindungen hat als Andere. Der Farbensinn zeigt auch bei sogenannten Farbentüchtigen ausserordentliche Verschiedenheiten, und es verräth sich ein schwacher Farbensinn auch durch geringere Merklichkeit der Contrastfarben, die ein vortreffliches Mittel abgeben, um die Stärke des Farbensinns zu prüfen. Uebrigens aber lassen sich die Angaben von Helmholtz auch anderweit erklären:

Ich habe in der letzten Mittheilung ausführlich erörtert, wie viel Missliches die Farbenvergleichung zwischen einem Papierschnitzel und einer dahinter liegenden Fläche hat. Ich habe ferner oben die Gründe erörtert, aus welchen eine anfangs deutlich sichtbare Contrastfarbe bald verblassen oder gar verschwinden kann, wenn das Auge zum Zwecke genauerer Beobachtung und Vergleichung festgehalten wird. Schon der Umstand, dass Helmholtz ohne weitere Auseinandersetzung die Anweisung giebt, ein Schnitzel von „genau derselben grauen Farbe“ über das Glas zu bringen, macht mir wahrscheinlich, dass er den Versuch nur flüchtig anstellte. Da das, was er dabei sah, ganz seinen Erwartungen entsprach, so fand er keine Veranlassung, sich eingehender mit dem Versuche zu beschäftigen.

Wenn das graue Schnitzel oder die Scheibe, welche man zum Vergleiche über die Glasplatte bringt, zu gross ist, so ist die Contrastfarbe minder deutlich, weil die Contrastwirkung mit dem Abstande von der Grenzlinie der beiden Felder (des „inducirenden“ und des „reagirenden“) schnell abnimmt. Die mittleren Theile der Scheibe sind dann von dieser Grenze zu weit entfernt und zeigen, wenn man die Mitte fixirt, die Contrastfarbe minder deutlich.

Der beschriebene Spiegelcontrastversuch ist insofern nicht vollkommen, als das von der Glasplatte gespiegelte Licht nicht ganz ungefärbt ist, weil wie gesagt auch von der unteren Fläche des Glases etwas Licht gespiegelt wird. Dieses ist nothwendig gefärbt, aber allerdings relativ sehr schwach. Will man, dass das eine der beiden Lichter, sei es nun das gespiegelte oder das directe ganz ungefärbt ist, so muss man ein farbloses unbelegtes Spiegelglas benützen und entweder das eine oder das andere weisse Blatt durch ein farbiges ersetzen. Dasselbe muss ganz gleichartig und in oben beschriebener Weise über eine Glasplatte gespannt sein. Diese Art des Versuches erfordert aber eine zweckmässige Regelung der Beleuchtung und eine ausserordentliche Genauigkeit in der Herstellung der Platte und der schwarzen Ringe oder Flecke, weil man sonst zu leicht durch bemerkbare andere Einzelheiten auf der Platte gestört wird. Gut eingerichtet, leistet der Versuch dasselbe wie der obige.

Ich habe auch die Versuche so angestellt, dass ich ein unbelegtes Spiegelglas senkrecht auf eine mattschwarze ebene Fläche stellte, und vor und hinter das Glas je eines der beiden Blätter mit den schwarzen Ringen, ein weisses und ein farbiges auf die schwarze Fläche legte. Dies fordert ebenfalls eine sehr sorgsame Ausführung. Das Ergebniss war überall dasselbe.

(Aus dem physiologischen Institute in Innsbruck.)

Ueber die Reactionszeit von Temperaturs-Empfindungen.

Vorläufige Mittheilung.

Von

M. v. Vintschgau und **E. Steinach.**

Im biologischen Centralblatt vom 15. Sept. 1887, Bd. VII, Nr. 14, p. 446 findet sich der Auszug eines Vortrages über die Reactionszeit der Temperaturempfindungen, den Goldscheider am 17. Juni 1887 in der physiologischen Gesellschaft zu Berlin gehalten hat.

Im verflossenen Studienjahre haben wir gleichfalls zahlreiche Beobachtungen über denselben Gegenstand vorgenommen und die betreffenden Untersuchungen zum Abschlusse gebracht.

Nachdem wir uns gegenwärtig mit der Vollendung des Manuscriptes befassen, so sind wir durch die eben erwähnte Veröffentlichung des Goldscheider'schen Vortrages veranlasst, die von uns erzielten Resultate vorläufig in kürzester Form mitzutheilen.

Bei unseren Untersuchungen kam ein kleiner Apparat in Verwendung, der von uns Termophor genannt und von Vintschgau schon am 16. Febr. 1883 in der IX. Sitzung des naturwissenschaftlich-medicinischen Vereins zu Innsbruck[1]) beschrieben und gelegentlich der ersten diesbezüglichen Beobachtungen demonstrirt wurde.

Im ersten Semester des abgelaufenen Schuljahres nahmen wir den Gegenstand wieder auf.

Als zeitmessenden Apparat benützten wir das Hipp'sche Chronoscop.

Wir haben sowohl mit Kälte ($2^1/_5$—6° C.) wie auch mit Wärme (48—49° C.) experimentirt und es sind die meist untersuchten Körperstellen in den folgenden Tabellen II und III verzeichnet.

Für einige dieser Stellen ermittelten wir auch die Reactionszeit für Berührungsempfindung mittelst eines Erregers, welcher im Princip wie in der Form ähnlich wie das Termophor construirt ist.

Wir schliessen hier alle Details aus und begnügen wir uns in den folgenden drei Tabellen die erhaltenen Mittelwerthe[2]) zusammenzustellen.

Tabelle I.

Berührungsempfindung.

Körpergegend.	Vintschgau.		Steinach.	
	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.
Mitte der Stirne	75	0.119	28	0.107
Rechte Wange	76	0.119	30	0.101
Corpus, Volarseite, linke Hand	71	0.126	29	0.128
Dorsalseite der linken Hand nahe dem rad. Rande	75	0.123	30	0.111

1) Berichte des naturw.-medic. Vereins in Innsbruck, XIII. Jahrg.

2) Hierbei sind alle nicht durchaus verlässliche Beobachtungen schon ausgeschaltet.

Tabelle II.

Temperaturempfindung.

Vintschgau.

Körpergegend.	Kälte $2^1/_5$—$4^4/_5$.		Wärme 48—49	
	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.
Rechte Schläfe	37	0.160	40	0.166
Linke Schläfe	35	0.170	37	0.185
Mitte der Stirne	34	0.143	36	0.144
Rechte Wange	38	0.143	43	0.154
Linke Wange	34	0.151	43	0.158
Volarseite der Hand Mitte Carpus	27	0.186	26	0.205
Volarseite der Hand nahe dem Ulnarrand	27	0.206	29	0.208
Volarseite der Hand Daumenballenfalte	26	0.185	30	0.251
Dorsalseite der Hand nahe dem Ulnarrand	35	0.208	41	0.246
Dorsalseite der Hand nahe dem Radialrand	36	0.204	39	0.233

Tabelle III.

Temperaturempfindung.

Steinach.

Körpergegend.	Kälte 2—$2^4/_5$.		Wärme 45—49.	
	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.	Zahl der Beobacht.	Mittelwerth.
Rechte Schläfe	16	0.116	26	0.132
Linke Schläfe	16	0.124	25	0.138
Mitte der Stirne	18	0.116	32	0.128
Rechte Wange	14	0.114	30	0.117
Linke Wange	17	0.116	32	0.146
Volarseite der Hand Mitte Carpus	17	0.152	11	0.173
Volarseite der Hand nahe dem Ulnarrand	14	0.186	11	0.206
Volarseite der Hand Daumenballenfalte	18	0.194	11	0.175
Dorsalseite der Hand nahe dem Ulnarrand	15	0.179	26	0.199
Dorsalseite der Hand nahe dem Radialrand	13	0.170	27	0.196

Aus den vorstehenden Tabellen geht hervor:

1. dass im Allgemeinen auf einen Kältereiz rascher reagirt wurde als auf einen Wärmereiz. Allerdings sind die Unterschiede bei den meisten von uns untersuchten Stellen sehr klein.

2. dass auf einen Tastreiz rascher reagirt wird als auf einen Temperatursreiz. Auch in diesem Falle sind die Unterschiede häufig sehr klein (Gesicht).

Es sei ferner erwähnt, dass wir das Verhalten der Reactionszeit bei Temperatursreizen an der Stirnmitte wie auch an der rechten Wange (V.) durch eine längere Zeit hindurch (10—17 Minuten) von Minute zu Minute geprüft haben. Das Thermophor blieb bei jeder einzelnen Beobachtung höchstens 3 Secunden in Berührung mit der Haut.

Diese Versuche ergaben, dass an der Stirne und an der Wange schon nach wenigen Minuten die Reactionszeit für die Kälteempfindung sich wesentlich verlängerte; für die Wärmeempfindung trat an der Stirne ebenfalls eine Verlängerung der Reactionszeit ein, an der Wange wurde dagegen selbst nach 15 Minuten, also nach 15 Wärmeerregungen, keine Veränderung der Reactionszeit beobachtet.

Die ausführliche Schilderung der Versuche, der beim Experimentiren eingehaltenen Vorsichtsmaassregeln und der ermittelten Resultate werden wir in kurzer Zeit in diesem Archiv veröffentlichen.

Dioptrische Fehler des Auges als Hülfsmittel der monocularen Tiefenwahrnehmung.

Von

Dr. **J. Loeb,**
Assistent am physiologischen Institut in Würzburg.

Richten wir unsere Aufmerksamkeit auf ein sich uns näherndes oder sich entfernendes Object, so folgt der Blickpunkt reflexartig der Annäherung oder der Entfernung des betrachteten Gegenstandes. Niemand zweifelt daran, dass dieser Regulation ein elementarer physiologischer Vorgang auf der Netzhaut zu Grunde liegt. Bewegen sich die beiden Netzhautbilder des zu fixirenden Gegenstandes gegen die Medianebene, so rückt der Blickpunkt entsprechend in die Ferne; bewegen sie sich lateralwärts, so rückt er in die Nähe.

Schliessen wir nun ein Auge, so findet gleichwohl jene reflexartige Regulation, wenn auch in anderen Grenzen, weiter statt. Die Einstellung des Auges ändert sich in zweckmässiger Weise je nach der Annäherung oder Entfernung des Objectes in der Gesichtslinie. Die Selbstbeobachtung lehrt, dass dieser Wechsel der Accommodation ebenfalls ohne Zuthun des Bewusstseins rein reflektorisch vor sich geht. Es gibt ferner eine ausserordentlich grosse Zahl von Thieren, die keinen binocularen Sehakt haben und die doch ihre Beute im Fluge oder im Laufe erhaschen. Danach ist zu vermuthen, dass auch bei monocularem Sehen ein rein elementarer Vorgang auf der Netzhaut die Annäherung und Entfernung eines Gegenstandes unmittelbar zu unterscheiden erlaubt und dass dieser elementare Vorgang rein reflektorisch die Accommodation des Auges für die Tiefendimension zu reguliren vermag.

Eine Einrichtung, die eine solche Regulation auch bei monocularem Sehen ermöglicht, besitzt nun unser Auge, wie mir scheint, in jenen dioptrischen Fehlern, die wir unter dem Namen Astigmatismus zusammenfassen.

Durch den Astigmatismus wird bekanntlich bewirkt, dass die Zerstreuungsbilder bei der Annäherung eines Punktes, auf den das Auge vorher eingestellt war, eine wesentlich andere Form haben, als

die bei Entfernung des Punktes entstehenden. Die Zerstreuungsfiguren verlängern sich bei der Annäherung in einer anderen Richtung als bei der Entfernung[1]; es treten entsprechend im Zerstreuungsbild bei der Annäherung andere Theile schärfer hervor als bei der Entfernung. Diese typische Verschiedenheit der Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut ist ein Zeichen oder ein Reiz, nach dem sich die Einstellung des Auges reflexartig reguliren kann.

Wie also beim binocularem Sehakt die Verschiebung der beiden Netzhautbilder des beobachteten Gegenstandes, so wirkt monocular die durch den Astigmatismus bedingte Verschiebung des Zerstreuungsbildes.

Die höheren Thiere müssen ihre Nahrung durch Bewegung suchen, sie nähern ihren Körper der Beute. Ihre Sinnesorgane müssen also auch besonders auf den Gebrauch bei Bewegung und in erster Linie auf rasche Beurtheilung des Näherrückens der Dinge eingerichtet sein. Insofern sind die geringen dioptrischen Fehler des Auges namentlich für Thiere ohne binocularen Sehakt nicht nur keine Unvollkommenheit, sondern geradezu von hoher Zweckmässigkeit.

Der hier ausgesprochene Gedanke hatte sich mir aufgedrängt, als ich Untersuchungen über die optische Inversion ebener Linearzeichnungen bei einäugiger Betrachtung anstellte. Wenn ich einen Punkt dauernd mit einem Auge fixirte und zugleich eine ebene lineare Figur in der Gesichtslinie dem Fixationspunkte näher brachte oder vom Fixationspunkte entfernte, so änderte sich dabei das Zerstreuungsbild jedesmal in ganz bestimmter Weise. Die Gesetzmässigkeit, welche zwischen der Richtung der Bewegung in der Tiefendimension und der Aenderung der Zerstreuungsbilder besteht, legt die Annahme nahe, dass dieselbe auch für das Sehen verwerthet wird[2].

---

1) Vergl. H. v. Helmholtz, Physiolog. Optik. II. Aufl. S. 169 ff.

2) Berlin hat vor Kurzem bei Säugethieren einen hochgradigen Linsenastigmatismus gefunden, der ihn zu der Annahme führt, dass der Astigmatismus die Perceptionsfähigkeit für kleine Bewegungen steigere (Zeitschr. f. vergl. Augenheilkunde, Bd. V, S. 1). Im Anschluss an die eingehenden, sorgfältigen Untersuchungen Berlin's möge meine kurze Bemerkung gestattet sein, die allerdings niedergeschrieben war, ehe ich Kunde von jenen Untersuchungen hatte.

Ein Beitrag zur Spectrophotometrie des Blutes.

Von

Prof. **Sczelkow** in Charkow.

Es ist eine bis jetzt noch nicht endgültig gelöste Frage, ob das Hämoglobin aus dem Blute verschiedener Thiere ein und derselbe chemische Körper ist, oder ob, je nach der Thierart, verschiedene Modificationen desselben vorkommen. Die Verschiedenheiten in der Form der Krystalle des Hämoglobins, sowie die Unterschiede in der Löslichkeit desselben dürften schwerlich durch fremde Beimischungen u. s. w. erklärt werden, um so mehr als dieselben durch Umkrystallisiren nicht beseitigt werden.

Die von Hüfner, von Noorden und Otto ausgeführten spectrophotometrischen Untersuchungen lassen zwar den Schluss zu, dass die färbende Substanz in allen Hämoglobinen identisch ist; es wird dieses namentlich durch das Factum, dass das Verhältniss der Absorptionsconstanten (A_0 und A'_0) für zwei bekannte Stellen des Spectrums bei allen bis heute untersuchten Hämoglobinen ein und dasselbe ist, bewiesen. Ob aber auch der andere Theil eines Hämoglobinmolecüls überall die gleiche Zusammensetzung hat, und ebenso ob er in gleichem Verhältniss mit der färbenden Substanz verbunden ist, kann nicht so bestimmt beantwortet werden. Die bis jetzt von verschiedenen Untersuchern aufgefundenen absoluten Werthe von Absorptionsconstanten bei verschiedenen Hämoglobinen weisen kleine Unterschiede auf, von denen es sich nicht im Voraus sagen lässt, ob sie auf Versuchsfehler zu beziehen, oder als Folgen einer etwas abweichenden Zusammensetzung verschiedener Hämoglobine zu betrachten sind.

Sowie die Frage im Augenblick steht, kann dieselbe nur durch möglichst zahlreiche, genau ausgeführte, vergleichende Untersuchungen der photometrischen Constanten verschiedener Hämoglobine gelöst werden. In der Absicht zur Lösung dieser Frage beizutragen, erlaube ich mir in Folgendem die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die spectrophotometrischen Constanten des Hämoglobins des Pferdeblutes mitzutheilen.

Die betreffenden Constanten sind bekanntlich schon von J.

Otto bestimmt worden[1]). Im Mittel aus sechs Versuchen, in welchen die Concentration zwischen 0,0028980 und 0,0011604 schwankte, fand Otto für A_0 die Zahl 0,001910, für A'_0 0,001413; der Quotient $\frac{A_0}{A'_0}$ ist somit 1,352. Für das Hämoglobin des Hundeblutes ergab sich nach ihm mit demselben Apparate $A_0 = 0,001881$, $A'_0 = 0,001403$, $\frac{A_0}{A'_0} = 1,34$. Man sieht hieraus somit, dass sowohl die absoluten Werthe der Constanten als auch ihr Quotient, nach Otto's Untersuchungen für das Blut beider Thierarten beinahe zusammenfallen.

Meine Untersuchungen sind ebenfalls mit einem Hüfner'schen Spectrophotometer angestellt und ist derselbe von H. Albrecht in Tübingen construirt worden. Da der von mir gebrauchte Apparat keine irgend wichtige Abweichung von dem von Otto gebrauchten[2]) aufweist, so ist eine abermalige Beschreibung desselben, sowie seines Gebrauches überflüssig[3]); ich beschränke mich daher nur auf eine Bemerkung. Bekanntermaassen muss bei einem genau construirten Apparat erstens das grosse (analysirende) Nicol genau centrirt sein, und zweitens müssen die Polarisationsflächen beider Nicols zusammenfallen, wenn der Zeiger des Apparats auf Null steht. Erstere Bedingung kann durch jeden gewissenhaften Mechaniker erfüllt werden (bei meinem Apparate ist sie vollkommen genau erfüllt); was aber die zweite Bedingung betrifft, so ist dieselbe, nach meiner Erfahrung, auf die Dauer zu erfüllen unmöglich. Wird auch das vordere Nicol möglichst vollkommen justirt, so dauert dieser Zustand jedoch nicht lange; auch ist die Justirung selbst nicht besonders bequem, weil das Nicol in seiner Messingfassung nur mittelst Kork befestigt ist. Mir scheint, es wäre viel besser, das vordere kleinere Nicol in eine Messingröhre unbeweglich einzukitten und letztere drehbar in den Ring einzulassen; dadurch würde die Justirung sehr erleichtert werden. Um mir nun die mühsame Justirung zu ersparen und doch von den Fehlern, welche durch Incongruenz der Polarisationsebenen bedingt werden, frei

1) Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. XXXI. S. 243.

2) Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. XXXVI. S. 12.

3) Nur die Form des Glaswürfels, in welchen das polarisirte Licht totaler Reflexion unterliegt, ist etwas geändert.

zu bleiben, habe ich die Ablesung nach beiden Seiten ausgeführt und daraus das Mittel genommen.

Das von mir benutzte Hämoglobin ist im Laboratorium von Prof. A. Danilewsky unter seiner speciellen Aufsicht bereitet worden; dass dasselbe hinreichend rein war, geht daraus überzeugend hervor, dass die Spectrophotometrische Untersuchung zweier getrennt dargestellter Präparate desselben keine Unterschiede zeigte.

Die Concentration der Lösung des Hämoglobins wurde nach der von Prof. Hüfner angegebenen Methode[1]) bestimmt; das von v. Noorden und Otto benutzte Verfahren konnte ich leider nicht in Anwendung bringen. Wie schon oben erwähnt, wurden zwei Präparate untersucht; von den in der Tabelle enthaltenen Zahlen entsprechen die in Nr. 1, 3, 4, 7, 9 dem ersten, die übrigen dem zweiten Präparate. Ferner muss ich noch hinzufügen, dass die Lösungen in einer Dicke von einem halben Centimeter und in den gewöhnlichen Regionen des Spectrums untersucht wurden ($D_{82}E$—$D_{53}E$ und $D_{63}E$—$D_{84}E$); es müssen somit die in beifolgender Tabelle enthaltenen Werthe für A_0 und A'_0 um die Hälfte verkleinert werden, um sie mit den von Otto gefundenen zu vergleichen. In der beigefügten Tabelle bezeichnet C die Concentration, d. h. den Gehalt per Cubikcentimeter, E und E' die betreffenden Extinctionscoefficienten, A_0 und A'_0 die daraus berechneten Constanten.

	C	E	E'	A_0	A'_0
1.	0,0050579744	1,5163718	2,1547790	0,00333556	0,00234732
2.	0,0042342912	1,3606838	1,8251300	0,00311188	0,00231998
3.	0,0037934808	1,1949738	1,6530220	0,00317453	0,00229487
4.	0,0030347846	0,9880378	1,3146416	0,00307153	0,00230845
5.	0,0028228608	0,9371208	1,2387526	0,00297720	0,00223552
6.	0,0025760119	0,8641912	1,1366924	0,00298082	0,00226623
7.	0,0025289872	0,8306698	1,0971640	0,00304451	0,00230502
8.	0,0021171456	0,7280696	0,9714212	0,00290788	0,00217943
9.	0,0018967404	0,6254478	0,8503520	0,00303261	0,00223053
10.	0,0015173923	0,5656880	0,7078202	0,00268238	0,00214374
11.	0,0014114304	0,5088529	0,6629572	0,00277375	0,00212900
			Durchschnittszahl:	0,00300842	0,00225091

Es sind also für Pferdehämoglobin von mir folgende Constanten (umgerechnet auf eine Schicht von ein Centimeter Dicke) gefunden worden:

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie. Bd. I. S. 320.

$$A_0 = 0{,}00150421$$
$$A'_0 = 0{,}00112545.$$

Der sich daraus ergebende Quotient $\frac{A_0}{A'_0}$ wäre $= 1{,}336$.

Nach Otto sind diese Constanten

$$A_0 = 0{,}001910$$
$$A'_0 = 0{,}001413$$
$$\frac{A_0}{A'_0} = 1{,}352.$$

Wie man sieht sind die beiden Quotienten so wenig verschieden, dass man sie als gleich betrachten darf; die absoluten Werthe der Constanten zeigen dagegen nicht unbeträchtliche Unterschiede. Bei gehöriger Würdigung dieser Unterschiede muss man jedoch im Auge behalten, dass das Hüfner'sche Spectrophotometer ein derartiges Instrument ist, bei welchem jedes einzelne Exemplar seine eigenen Constanten aufweist. Man dürfte somit schon im Voraus nicht darauf rechnen, dass die von mir gefundenen Constanten, denjenigen, welche von Otto gefunden worden, gleich sein würden, um so mehr, als in dem von mir benutzten Instrumente, im Vergleich mit dem von Otto gebrauchten, eine kleine Abänderung in Bezug auf den vorderen Glaswürfel sich vorfindet.

Um mich davon noch mehr zu überzeugen habe ich ebenfalls die spectrophotometrischen Constanten für das Hämoglobin des Hundes bestimmt; leider habe ich nicht genügend zahlreiche Versuche anstellen können, um dieselben vollkommen scharf zu erhalten. Als Mittel aus drei Versuchen (bei Concentrationen von 0,00338075—0,00084518) ergaben sich folgende Werthe; für A_0—0,00154804; für A'_0—0,00118659. Man ersieht hieraus, dass die von mir erhaltenen Werthe der spectrophotometrischen Constanten des Hämoglobins aus dem Blute des Pferdes keine irgendwie bemerklichen Unterschiede von den betreffenden Constanten des Hämoglobins aus dem Blute des Hundes aufweisen.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch eine Bemerkung hinzuzufügen. Betrachtet man in meiner oben gegebenen Tabelle die einzelnen Werthe für A_0 und A'_0 und vergleicht dieselben mit dem erhaltenen Mittelwerthe, so findet man, dass die Unterschiede in den gefundenen Werthen bei mir sehr viel grösser sind, als bei Otto[1]). So ist der arithmetische Durchschnittsfehler bei mir für

1) Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. XXXVI. S. 18.

$A_0 \pm 4{,}35\,\%$ und für $A'_0 \pm 2{,}717$, während derselbe bei Otto $\pm 0{,}64$ resp. $0{,}92\,\%$ ist; auch der wahrscheinliche Fehler ist für meine Versuchsreihe viel grösser als in denjenigen von Otto. Nach den bekannten Formeln berechnet, ergiebt sich: a) der wahrscheinliche Fehler in dem Resultat ist für $A_0 = 0{,}0000366$ und für $A'_0 = 0{,}0000150$, und b) der wahrscheinliche procentische Fehler in dem Resultate ist 1,217 und 0,667 %. Bei Otto sind die entsprechenden Werthe aber a) 0,000005 und 0,000003, und b) 0,218 und 0,240%.

Diese um so viel grösseren Fehler bei mir hängen jedoch keineswegs von Ungenauigkeit bei der Untersuchung ab, sondern sind durch einen ganz anderen Umstand bedingt. Bekannterweise sind die spectrophotometrischen Constanten A_0 und A'_0 in Wirklichkeit keineswegs constante Grössen; das Verhältniss $\frac{C}{E} = A$ ändert sich für Hämoglobin mit der Concentration der Lösung und zwar wird es um so kleiner, je weniger concentrirt die Lösung ist. Dieses Factum stellt sich bei allen bisherigen Untersuchungen heraus und aus meiner Tabelle geht diese allmähliche Veränderung äusserst deutlich hervor. Nimmt man somit stark voneinander abweichende Concentrationen, so erhält man natürlich weit mehr differirende Werthe für A, als wenn die Concentrationen der Lösungen weniger von einander abweichen; es müssen daher die Differenzen vom Mittelwerth im ersteren Falle bedeutend grösser sein, als im zweiten. Dieses ist nun gerade hier der Fall, denn während bei Otto die Concentration nur zwischen 0,0022356 und 0,0016184 schwankte, sind bei mir die extremen Werthe von $C = 0{,}00505797$ und 0,00141143, In Folge dessen variirt A_0 bei Otto nur zwischen 0,001927 und 0,001854, während bei mir die entsprechenden Werthe 0,00333556 und 0,00277375 sind. Setzt man den grösseren Werth von A_0 gleich 100, so entspricht bei Otto der kleinere —96,2, bei mir dagegen 83,2. Es ist nun selbstverständlich, dass dadurch die Fehler d. h. die Abweichungen der einzelnen Versuchsresultate vom Mittelwerth vergrössert werden.

Der zuletzt besprochene Umstand ist, beiläufig gesagt, von grosser practischer Bedeutung. Handelt es sich um eine rasche und zugleich genaue Bestimmung des Hämoglobingehaltes im Blute, so ist keine andere Methode mit der spectrophotometrischen zu vergleichen; es muss nur bei allen solchen Untersuchungen stets

darauf geachtet werden, dass die Concentration des zu untersuchenden Blutes wenigstens ungefähr dieselbe sei als die, für welche die Constanten früher bestimmt sind.

(Aus dem Institut für Pharmakologie und physiologische Chemie zu Rostock.)

Ueber primäre und secundäre Oxydation.

Nach gemeinschaftlich mit Dr. A. Heffter angestellten Versuchen.

Von

Otto Nasse.

Der nachstehenden kleinen Untersuchung, über deren Anfänge schon vor längerer Zeit in der naturforschenden Gesellschaft zu Rostock (Sitzung vom 28. Juli 1885; Referat in der Rostocker Zeitung No. 280 des Jahres 1885) eine kurze Mittheilung gemacht worden ist, liegt folgende Betrachtung zu Grunde.

Von den oxydirbaren Bestandtheilen des Körpers sowie auch von den oxydirbaren, auf irgend eine Weise in den Körper eingeführten Stoffen verschiedenster Art ist nur ein verschwindend kleiner Theil direct oxydirbar, oder wie man es auch genannt hat autooxydabel. Als direct oxydirbar würden wir nur diejenigen Stoffe bezeichnen, welche in den Körperflüssigkeiten und den Geweben des Körpers bei dessen normaler Temperatur durch neutralen Sauerstoff oxydirt werden ohne Mitwirkung irgend einer Kraft, die Wärme ausgenommen. Weil aber Wärme dabei im Spiel ist, möchten wir den Ausdruck „directe Oxydation" dem Ausdruck „Autooxydation" vorziehen. Unzweideutige Beispiele solcher directen Oxydation liefern Substanzen aldehydartiger Natur, aber auch gewisse Alkohole, wie z. B. der Benzylalkohol [1]).

Die Oxydation der Hauptmenge der im Körper oxydirten Stoffe kann nach allgemein für richtig gehaltener Anschauung nur dadurch zu Stande kommen, dass dem Organismus oder ge-

1) S. Schmiedeberg, Archiv für experiment. Pathologie, Bd. XIV, S. 288, 1881.

nauer gesagt dem Protoplasma eigenthümliche, der Wärme ähnlich wirkende Kräfte (fermentartiger Natur, aber bis dahin fast noch gar nicht wie wirkliche Enzyme von dem Protoplasma zu trennen) die complicirten Atomcomplexe lockern oder spalten, und dass nun, so lange sich die Atome noch nicht wieder fest mit einander vereinigt haben, von den gewissermaassen als ungesättigt zu betrachtenden Molekülen Sauerstoff aufgenommen wird. Selbstverständlich ist bei der Spaltung auch die Bildung von direct oxydirbaren Stoffen (etwa aldehydartiger Natur) nicht ausgeschlossen. Für diese Art der Oxydation haben wir den Namen primäre Oxydation vorgeschlagen.

Es wird wohl kaum des Zusatzes bedürfen, dass diese sogenannte primäre Oxydation nicht den Organismen eigenthümlich ist, sondern in ganz gleicher Weise bei den Oxydationen extra corpus vorkommt, indem die Spaltung oder Lockerung der Moleküle durch Wärme oder, wenn auch seltener, durch eine andere Kraft wie Licht oder Electricität vermittelt wird. Nur lässt sich bei den Oxydationen extra corpus die directe und die primäre Oxydation nicht streng von einander scheiden, weil auch bei jenen schon die Wärme in Thätigkeit tritt.

Dass sowohl extra wie intra corpus die lockernde Kraft eine Unterstützung erhalten kann durch die Gegenwart anderer Moleküle, so dass hierdurch an Kraft gespart werden kann, die Zersetzungen nun schon bei niederer Temperatur und andererseits bei Gegenwart von geringeren Mengen von Protoplasma oder den wirksamen Theilen desselben vor sich gehen, darauf mag auch nur nebenbei hingewiesen sein.

Die bei der primären Oxydation eines bestimmten Moleküls im Organismus entstehenden Stoffe werden je nach der gerade vorhandenen (grösseren oder kleineren) Menge von Sauerstoff — von anderen Bedingungen ganz abgesehen — verschieden ausfallen können, ebenso wie bei der trockenen Destillation im Laboratorium andere Stoffe entstehen als bei ungehindertem Zutritt von Sauerstoff zu den erhitzten Molekülen. Eine solche verschiedenartige Lagerung der Atome der gesprengten Moleküle bedingt durch die An- oder Abwesenheit von Sauerstoff und dann weiter auch von anderen Substanzen kann sehr wohl mit die Ursache des Auftretens eigenartiger Stoffwechselproducte in Krankheiten sein. Es mag aber die Zersetzung verlaufen wie sie wolle,

immer wieder werden die neugebildeten Moleküle entweder in die Kategorie der zuerst erwähnten direct oxydirbaren gehören, sich demgemäss im Körper allmählich oxydiren, oder zu ihrer Oxydation eines erneuten Eingreifens der eigenartigen Kräfte des Organismus bedürfen (zweite Kategorie: primär oxydirbare Stoffe), oder endlich gar in keiner der bis dahin besprochenen Weisen im Körper mehr oxydirbar sein, also einer dritten, noch nicht berührten Kategorie oxydirbarer Substanzen angehören. Diese Kategorie existirt extra corpus nicht, durch Steigerung der Temperatur können hier alle der Aufnahme von Sauerstoff fähigen Körper primär oder direct oxydirt werden. Für die Organismen giebt es aber nach Allem, was wir wissen, Substanzen, für welche eine lockernde Kraft in ihnen nicht vorhanden ist, und doch werden diese Substanzen oxydirt, oft freilich ohne vollkommen verbrannt zu werden. Die Oxydation der für den Organismus zunächst als unverbrennlich zu bezeichnenden Stoffe erscheint nur dann möglich, wenn bei der primären und ebenso natürlich auch bei der practisch nicht sehr wichtigen directen Oxydation nicht Sauerstoffmoleküle oder gleichzeitig beide Sauerstoffatome sich an die neuen Verbindungen anlegen, sondern immer nur ein einzelnes Sauerstoffatom verbraucht, das andere also disponibel wird. Für diese Art der Oxydation, welche also ohne unmittelbare Einwirkung der im Organismus zur Geltung kommenden Kräfte einzig durch die bei beliebigen Oxydationsprozessen disponibel werdenden Sauerstoffatome ermöglicht wird, haben wir den Ausdruck secundäre Oxydation angewendet.

Die secundäre Oxydation, der begreiflicher Weise auch direct oder primär oxydirbare Substanzen anheimfallen können, kommt extra corpus wieder in ganz gleicher Weise vor. Die frei werdenden Sauerstoffatome lassen sich leicht durch eine bei der Oxydation sich färbende Substanz nachweisen, so z. B. durch tinctura Guajaci bei der directen Oxydation von Benzaldehyd. Um die Oxydation und dadurch die Reaction zu beschleunigen, wird das Benzaldehyd im Wasser vertheilt und langsam Luft durch das mit tinctura Guajaci versetzte Gemisch geleitet. In gleicher Weise lässt sich Benzol oder Benzoësäure oxydiren bei Durchleiten von Luft durch eine wässrige Lösung von schwefligsaurem Natron, welcher Benzol oder benzoësaures Natron zugefügt ist. Die eingetretene Oxydation zu Phenol — die unter ganz ähnlichen Bedingungen

schon wiederholt beobachtet und beschrieben ist — und zu Oxybenzoësäure wird mit Millon's Reagenz nachgewiesen. Die Oxydation von direct oxydirbaren Stoffen kommt in einfachster Weise zu Gesicht bei dem Durchleiten von Luft durch Benzaldehyd und Wasser: sehr bald tritt auch hier die Millon'sche Reaction ein.

Es musste nun zunächst von theoretischer, gleichzeitig aber auch von in hohem Grade practischer Bedeutung sein, festzustellen, bei welchen primären Oxydationen im Organismus Sauerstoffatome frei würden. Bevor wir auf unsere Experimente, welche sich auf die Lösung dieser Aufgabe beziehen, näher eingehen und erörtern, wie wir gerade zu einer bestimmten Art von Versuchen geführt worden sind, wird es nöthig sein zu bemerken, dass im thierischen Körper oder allgemein im Protoplasma frei gewordene Sauerstoffatome, oft als activer oder atomistischer Sauerstoff bezeichnet, schon wiederholt für die Oxydationen in den Organismen in Anspruch genommen worden sind, jedoch ohne dass zugleich die Oxydationsvorgänge in so bestimmte Gruppen gebracht wurden, als es oben von uns versucht ist. Von solchen Sauerstoffatomen, losgelöst aus dem Blutsauerstoff durch die Einwirkung der leicht verbrennlichen Substanzen, welche im Körper durch Spaltung von Körperbestandtheilen gebildet werden, handelt u. A. auch Schmiedeberg[1]), spricht denselben übrigens keine grosse Bedeutung zu. Sehr eingehend beschäftigen sich Nencki und Sieber[2]) mit dem atomistischen Sauerstoff, schreiben ihm auch die Möglichkeit der Oxydation mancher Stoffe z. B. des Benzols im Thierkörper zu, lassen ihn indessen in den Geweben in Folge der Selbstverbrennung des labilen, stark reducirenden Eiweissmoleküls entstehen. Es bildet sich nach der Anschauung von Nencki und Sieber der atomistische Sauerstoff im normalen Körper bei einem bestimmten Individuum und bei gleichbleibender Ernährung desselben in ganz gleichmässigen Mengen. Hiermit wird die Thatsache in Verbindung gebracht, dass der Eingabe von Benzol die Ausgabe einer zu dem Benzol in einem festen Verhältniss stehenden Menge von Phenol folgt, so lange jene Bedingungen erfüllt sind. Für die weitere Erscheinung, dass diese Regelmässigkeit bei gewissen Eingriffen aufhört, so u. A. bei der Phosphor-Vergiftung

1) Archiv für experimentelle Pathologie, Bd. XIV, S. 288, 1881.

2) Dieses Archix, Bd. XXXI, S. 319, 1883.

in den Excreten kein Phenol mehr zu finden ist, geben die genannten Autoren dann die Erklärung, es sei das labile protoplasmatische Eiweiss in seiner Thätigkeit, nämlich der ihm zugeschriebenen Bildung von atomistischem Sauerstoff gehemmt, und nun werde das einzig durch atomistischen Sauerstoff zerstörbare Benzol nicht mehr oxydirt.

Wenn man indess an die anderen Veränderungen denkt, welche der Stoffwechsel bei der Phosphor-Vergiftung erleidet, insbesondere erwägt, dass die Fettzersetzung in hohem Grade gehemmt ist, so musste man es wohl der Mühe werth finden zu prüfen, ob nicht ein Zusammenhang bestehe zwischen der aufgehobenen Oxydation des Fettes und der des Benzols. Dass die Fette primär oxydirbar sind, unterliegt wohl keinem Zweifel [1]), und gegen die Annahme, dass bei dieser primären Oxydation Sauerstoffatome disponibel werden, wird a priori nichts einzuwenden sein. So könnte denn die Oxydation des Benzols bei der Phosphor-Vergiftung aufhören, weil die Verbrennung des Fettes d. h. die Bildung von Sauerstoffatomen aufgehoben oder auf ein Minimum herabgesetzt ist. War diese Betrachtung richtig, so durfte man erwarten, dass bei Zusatz von Fett zu einer an und für sich nicht fettreichen Nahrung die Oxydation des Benzols zunähme. Unsere ersten Versuche schienen dies zu bestätigen, wie wir auch in der vorläufigen Mittheilung erwähnten, doch ist dieses Resultat jetzt nur mehr als ein zufälliges zu bezeichnen. Es ergab sich nämlich bei Wiederholung und Veränderung der Versuche, die sämmtlich an Hunden angestellt wurden, dass die Benzoloxydation, gemessen durch die an dem Fütterungstage ausgeschiedene Menge von Phenol (und ebenso die Ausscheidung von Aetherschwefelsäuren) trotz ganz gleichmässiger Ernährung keineswegs so regelmässig war, als sie Nencki und Sieber bei ihren Versuchsthieren gefunden hatten. Die Unregelmässigkeiten treten mehr hervor bei subcutaner Einspritzung als bei Eingabe des Benzols mit der Nahrung. Es unterliegt wohl die Resorption des Benzols zu grossen Schwankungen. Der einzige scheinbar gute Ver-

1) Zu unserem grossen Erstaunen hat Nencki (Archiv f. experiment. Pathologie etc. Bd. XXI, S. 299, 1886) unsere vorläufige Mittheilung, die freilich ganz kurz, aber unserer Meinung nach ganz scharf abgefasst war, vollkommen missverstanden, rechnet ganz im Widerspruch mit unserer hier zum Theil wörtlich wiederholten Auseinandersetzung die Fette zu den secundär oxydirbaren Substanzen.

such, der sich in den Protokollen findet, eine Zunahme des Phenols (nach 2,0 Benzol) von 0,2997 auf 0,3468 bei Zusatz von Fett zur Nahrung und Steigen der Schwefelsäure der Aetherschwefelsäuren von 0,9573 auf 1,014 ergebend, durfte uns nicht genügen.

Wir waren ja aber nicht gebunden an Benzol; giebt es doch der Stoffe, welche man zu den nur secundär oxydirbaren rechnen muss, sehr viele. Schliesslich ist freilich für diese Versuche doch nur eine geringe Zahl verwendbar, weil in den Ausgaben die unveränderte Substanz wie ihre Zersetzungsproduckte genau, jedoch auch ohne allzugrosse Mühe quantitativ bestimmt werden sollen. So hat sich denn in der That bis jetzt nur das Phenol als empfehlenswerthe Substanz bewährt.

Unsere Versuche sind sämmtlich angestellt mit einem wohlabgerichteten Hund von 22 kg Gewicht, welcher nur einmal am Tage, Morgens 8 Uhr, gefüttert wurde, und dem an den Versuchstagen gleich nach der Fütterung 1,56 gr Phenol in 120 ccm Wasser mit der Schlundsonde eingegeben wurden. Das Schicksal des eingeführten Phenols brauchte nur an dem betreffenden Tage verfolgt zu werden, da nach den vorliegenden Erfahrungen anderer Forscher, mit welchen die unsrigen übereinstimmen, bei so kleinen Gaben von Phenol die Ausscheidung binnen 24 Stunden beendet ist. Es ist nun weiter bekannt, dass bei kleinen Gaben das Phenol nicht als solches ausgeschieden wird, sondern im Harn zu finden ist als Aetherschwefelsäure und als Glykuronsäure und zwar zu einem Theil noch als Phenol in diesen Verbindungen, zum andern oxydirt als Hydrochinon nebst kleinen nicht bestimmbaren Mengen von Brenzkatechin [1]). Die letzteren sind so gering, dass wir der Einfachheit wegen im Folgenden den oxydirten Theil des Phenols kurz als Hydrochinon aufführen wollen. Vollkommene Verbrennung des Phenols zu Kohlensäure und Wasser scheint nicht statt zu finden [2]). Sollte sich nun auch eines Tages herausstellen, dass die Zersetzung des Phenols im Thierkörper doch etwas anders ist, als wir sie vorstehend geschildert und bei allen Berechnungen weiter als richtig angenommen haben, so würden doch wahrscheinlich die Reductionen der Berechnungen nur gering sein und die wesentlichsten Resultate nicht berührt werden.

1) Baumann u. Preusse, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. III, S. 156, 1879.

2) Schaffer, Archiv f. Anat. u. Physiol. 1879. S. 248.

Streng genommen hätte sich die Untersuchung beschränken können auf Ermittelung der Mengen des Phenols in der Phenolaetherschwefelsäure und der Phenolglykuronsäure des Harnes, da man so sofort ein Bild von der Grösse der Oxydation erhielt; ausser dem Phenol (in der Tabelle unter p aufgeführt), das in bekannter Weise durch Destilliren des Harnes mit Salzsäure gewonnen und als Tribromphenol gewogen wurde, ist aber auch noch die Menge der als Aetherschwefelsäure im Harn enthaltenen Schwefelsäure (a der Tabelle) bestimmt worden. Der Werth des Phenols konnte ohne Weiteres in Rechnung gesetzt werden, da der Harn unseres Versuchshundes niemals messbare Mengen von Phenol enthielt, von den bei der Eingabe von Phenol gefundenen Aetherschwefelsäuren mussten aber die bei der gleichen Ernährung ohne Phenol gebildeten Mengen in Abzug gebracht werden. In Versuchsreihe I der unten folgenden Tabelle ist an den Mager-Tagen und den Fett-Tagen der gleiche Abzug gemacht worden, denn der Unterschied von 0,3109 Schwefelsäure der Aetherschwefelsäure am Mager-Tag und 0,3145 am Fett-Tag fällt längst innerhalb der Schwankungen, welche auch bei ganz gleicher Nahrung vorkommen. In Versuchsreihe II dagegen war die Sache anders: bei Zusatz von 500 gr Fett zu den nur aus 1000 gr Fleisch (statt 2300) bestehenden Nahrung, also einem absolut wie relativ weit grösseren Zusatz von Fett, stieg die Schwefelsäure der Aetherschwefelsäuren von 0,1654 auf 0,2841, also rund um 70%. Ganz übereinstimmend hiermit fanden wir bei einem anderen Hund, der unserem Versuchshund an Grösse gleich kam, wenn nur 300 gr Fett der gewöhnlichen Nahrung beigefügt waren, eine nur geringe Zunahme der Aetherschwefelsäuren, aber doch so regelmässig, dass sie nicht mehr als Zufall gelten konnte, und dann weiter, wenn statt der normalen Menge von Futter (2300 gr) nur 1000 gr gegeben wurde, dazu aber 500 gr Fett, eine Vermehrung der Schwefelsäure der Aetherschwefelsäuren von 0,1274 auf 0,1842, also annähernd um 45%. Bei einem dritten, weit kleineren Hund endlich, der sich mit 1000 gr Fleisch im Stickstoffgleichgewicht hielt, wurde eine Steigerung von 0,1850 auf 0,2412, also um 25% beobachtet.

Wir haben bei dieser Thatsache, welche auch von practischer Bedeutung sein kann — Vermeiden von Fett bei starker Fäulniss im Darm — etwas länger verweilt, weil genauere Mittheilungen über den Einfluss des Fettes auf die Ausscheidung von Aether-

schwefelsäuren nicht vorliegen. Dass gerade Hunde grössere Mengen von Fett nicht vertragen, leicht Diarrhoe bekommen, ist freilich bekannt, zu sichtbaren Störungen ist es indess in unseren Versuchen nicht gekommen. Aus diesem Grunde lässt sich hier auch nicht ohne Weiteres die von Morax[1]) in Baumann's Laboratorium gemachte Beobachtung über Vergrösserung der Darmfäulniss nach Einnehmen von einem Löffel Ricinusöl anschliessen.

Es mögen nun die Zahlen der wichtigsten Versuche folgen. (Siehe folgende Seite.)

Zu der umstehenden Tabelle ist zunächst zu bemerken, dass die Menge des Fleisches (Rinderpansen), welche der Hund in der ersten Versuchsreihe erhielt, diejenige ist, welche der Hund durchschnittlich verzehrte, wenn ihm Fleisch vollkommen zur Verfügung gestellt wurde. Das Fett (Speck) wurde dann bei der grossen Vorliebe des Thieres für Fett doch noch gern genommen. Es ergibt nun die Tabelle, dass die Menge des unoxydirt ausgeschiedenen Phenols bei fettarmer und fettreicher Nahrung die gleiche ist, ungefähr 70% des eingeführten beträgt. Das Fett hat also nicht die Oxydation befördert, das Resultat ist als ein negatives zu bezeichnen, und man könnte versucht sein, hiernach die oben entwickelte Annahme über die Beförderung der secundären Oxydation durch Verbrennung von Fett als widerlegt anzusehen. Bei näherer Ueberlegung findet man aber, dass bei dieser Anordnung des Versuches das Fett wohl überhaupt nur zum kleinsten Theil verbrannt, vielmehr im Körper angesetzt wird. Das lässt sich abnehmen aus den zahlreichen einschlagenden Untersuchungen von Voit[2]) und seinen Schülern.

Um sicher zu gehen, dass das Fett wirklich verbrannt werde, änderten wir die Ernährung dahin (Versuchsreihe II), dass wir dem Hunde statt der für ihn erforderlichen 2300 gr Fleisch nur 1000 gr gaben mit einem Zusatz von 500 gr Fett und die Phenol-Ausscheidung verglichen mit derjenigen, welche bei Fütterung mit 1000 gr Fleisch allein erfolgte. In der zwischen den

---

1) Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. X, S. 318, 1886. — In dieser Arbeit wird u. A. berichtet, dass 15 Tropfen Crotonöl keinen Durchfall erzeugten; ich habe noch in letzter Zeit bei unseren Hunden nach 2—3 Tropfen Crotonöl starke Durchfälle eintreten sehen. Das Crotonöl war ganz frisch in der Fabrik von Witte bereitet.

2) S. dessen Zusammenstellung der hierhin gehörigen Thatsachen in Hermann's Handbuch der Physiologie, Bd. VI, Theil I, S. 134, 1881.

Versuchsreihe.	Datum.	Art der Ernährung:			Gefunden:		Berechnet:	Gefunden:	Berechnet:		Von 100 Phenol sind ausgeschieden:		Von 100 Phenol sind ausgeschieden oxydirt und nicht oxydirt als:	
		Fleisch.	Fett.	P Phenol.	Harnmenge cc.	p Phenol im Harn.	P—p Phenol oxydirt im Harn.	a Schwefelsäure der Aetherschwefelsäure im Harn.	p_1 Phenole in Aether-Schwefelsäuren.	P—p_1 Phenole in Glykuronsäuren.	nicht oxyirt.	oxydirt.	Aetherschwefelsäuren.	Glykuronsäuren.
I.	11.I.	2300	300	1,56	1650	1,0118	0,5482	1,1881	1,1396	0,4204	65	35	73	27
	15.I.	2300	0	„	2050	1,1119	0,4481	0,8271	0,7933	0,7567	71	29	51	49
	19.I.	2300	300	„	1450	1,1020	0,4580	1,2095	1,1602	0,3998	71	29	74	26
	22.I.	2300	0	„	1720	1,1146	0,4454	0,8380	0,8038	0,7562	71	29	51	49
II.	1.II.	1000	500	1,56	620	0,8854	0,6746	0,9602	0,9210	0,6390	57	43	59	41
	4.II.	1000	0	„	910	1,2012	0,3588	0,8984	0,8617	0,6983	77	23	55	45
	7.II.	1000	500	„	710	0,7170	0,8430	0,9307	0,8928	0,6672	46	54	57	43
	11.II.	1000	0	„	960	1,1088	0,4512	0,8628	08276	0,7324	71	29	53	47

Versuchstagen liegenden Zeiten (2—3 Tagen) durfte der Hund fressen so viel er mochte, jedoch auch hier stets nur in der Futterstunde, so dass er an dem nächsten Versuchstage wieder als normal angesehen werden durfte. Die Tabelle zeigt, dass die Phenol-Ausscheidung an den Mager-Tagen sich nicht wesentlich unterscheidet von der in der ersten Versuchsreihe, dass sie an den Fett-Tagen dagegen beträchtlich geringer ist.

Durch diesen unserer Meinung nach einwandsfreien Versuch betrachten wir als erwiesen, dass durch die Verbrennung von Fett im Organismus die secundäre Oxydation befördert wird, und müssen, da das Phenol auf eine andere Weise nicht oxydirt werden kann, annehmen, dass bei der Oxydation des Fettes Sauerstoffatome verfügbar werden.

Es wäre sehr wünschenswerth, wenn diese Versuche mit anderen nur secundär oxydirbaren Stoffen wiederholt würden — unsere Bemühungen geeignete Stoffe zu finden sind, wie oben bereits angedeutet wurde, leider vergeblich gewesen. In unserer vorläufigen Mittheilung hatten wir geglaubt, die von dem einen von uns gemachte Beobachtung[1]) über das Verschwinden der unterschwefligen Säure aus dem Harn bei Zusatz von Fett zu der gewöhnlichen fettarmen Nahrung hierher rechnen zu dürfen. Der Umstand aber, dass in dem betreffenden Experiment nur ein so mässiges Quantum von Fett zur normalen Fleischkost zugefügt war wie in der Versuchsreihe I unserer Tabelle, deren Resultate wir damals noch nicht kannten, muss Zweifel an der Richtigkeit einer solchen Deutung aufkommen lassen, wenn auch sicher die unterschweflige Säure viel leichter oxydirbar ist als das Phenol und von dem zugegebenen Fett doch immerhin ein Theil verbrannt worden ist. Es handelt sich vielleicht überhaupt gar nicht um vermehrte Zerstörung der unterschwefligen Säure, sondern um verminderte Bildung derselben; ist es doch denkbar, dass die Fäulnissprocesse im Darmkanal, wenn sie auch, wie wir oben an den Aetherschwefelsäuren nachwiesen, absolut gefördert werden durch Zusatz von Fett zur Nahrung, unter diesen Verhältnissen qualitativ anders verlaufen, so dass weniger unterschweflige Säure oder Schwefelalkali im Darm gebildet wird.

---

1) A. Heffter, dieses Archiv, Bd. XXXVIII, S. 476, 1886.

Ganz anders liegt die Sache bei der von Voit[1]) mitgetheilten Vermehrung des Eiweisszerfalls im Hungerthier durch Zufuhr von Fett, für welche eine Deutung bis dahin nicht versucht worden ist. Hier sind ähnliche Bedingungen wie in unserer zweiten Versuchsreihe: das Fett wird wirklich verbrannt. Ich stehe daher nicht an, diejenigen Eiweissmoleküle, welche bei dem Hungerthier in Folge der Zufuhr von Fett zerstört werden, als durch secundäre Oxydation verbrannt anzusprechen. —

Aus beiden Versuchsreihen lässt sich noch Einiges entnehmen, das zu unserer Aufgabe allerdings nicht in unmittelbarer Beziehung mehr steht, aber doch nicht übergangen werden darf. Durch die Ermittelung der Aetherschwefelsäuren ist festgestellt, welcher Theil des Phenols, oxydirt oder nicht oxydirt, in Aetherschwefelsäuren und so zugleich, welcher Theil in Glykuronsäuren ausgeschieden worden ist — immer wieder diese beiden Bindungsweisen als die einzigen angenommen. Da lehrt denn die erste Versuchsreihe, dass bei dem Zusatz von Fett zu der normalen ausreichenden Nahrung die Aetherschwefelsäuren auf Kosten der Glykuronsäuren zunehmen. Das Gleiche hatte sich schon gezeigt in einer früheren, hier nicht mitgetheilten Versuchsreihe, in welcher nur 0,65 Phenol eingegeben war, sowie auch bei dem Eingeben von Parakresol. Aufgefallen war auch bereits vor der Ermittelung der Aetherschwefelsäuren das höhere Reductionsvermögen des Harnes an den Mager-Tagen. Ob die Erscheinung erklärt werden kann durch die Verringerung des Eiweisszerfalles durch Zufuhr von Fett? Dafür könnte die zweite Versuchsreihe sprechen, in welcher an den Mager-Tagen ebensoviel Glykuronsäuren ausgeschieden wurden wie an den Mager-Tagen der letzten Versuchsreihe, während der Zusatz von Fett zu der hier unzureichenden Nahrung die Glykuronsäuren nur unbedeutend verringert, weil dasselbe nicht in gleichem Grade den Eiweisszerfall herabzusetzen vermag wie in der ersten Versuchsreihe. Dieser Erklärungsversuch stützt sich auf die wichtige von H. Thierfelder[2]) aufgefundene Thatsache, dass die Eiweisskörper die Muttersubstanzen der Glykuronsäure sind.

Ueber die Vertheilung der Aetherschwefelsäuren und Glykuronsäuren auf Phenol und Hydrochinon lässt sich Nichts aussagen;

---

1) In der oben citirten Zusammenstellung S. 127.

2) Zeitschrift für physiol. Chemie, Bd. X, S. 163, 1886.

dass im Falle $p_1 > P-p$ d. h. wenn die Phenole der Aetherschwefelsäuren mehr betragen als das oxydirte Phenol, sicher Phenolätherschwefelsäure im Harne sich findet, ist ja selbstverständlich, und ebenso dass im Falle $p > p_1$ Phenol auch in den Glykuronsäuren steckt.

Entgegnung an Herrn E. Hering.

Von

J. v. Kries,
Professor der Physiologie zu Freiburg i. B.

Unter dem Titel „Beleuchtung eines Angriffs auf die Theorie der Gegenfarben" hat E. Hering jüngst einen Artikel[1]) veröffentlicht, welcher sich mit meinen Arbeiten beschäftigt und mich zu einigen Gegenbemerkungen veranlasst.

Ich beginne mit dem Ausdruck des Bedauerns darüber, dass Hering in gewissen Worten meines letzten Aufsatzes[2]) eine persönliche Kränkung gefunden, in denselben eine „Verdächtigung seines literarischen Charakters" erblickt hat. Ich stehe nicht an zu erklären, dass ich eine solche nicht beabsichtigt habe; ich muss aber hinzufügen, dass es meines Erachtens unberechtigt ist, aus meinen Worten eine solche herauszulesen. Einen Satz, den ich im Jahre 1878 aufgestellt hatte (die Unabhängigkeit der Mischungsgleichungen von den Ermüdungszuständen des Sehorganes), hat Hering in einer neueren Arbeit[3]) eingehend berücksichtigt und dabei gesagt, meine Ansicht, dass derselbe einen Einwand gegen die Theorie der Gegenfarben begründe, beruhe auf einem Missverständniss. Wenn ich dem gegenüber andeutete, dass es sich meiner

---

1) Dies Archiv, Bd. XLI, S. 29.

2) Zur Theorie der Gesichtsempfindungen. Archiv für Physiologie, 1887, S. 113.

3) Ueber Newton's Gesetz der Farbenmischung. Lotos VII, 1886.

Ansicht nach nicht sowohl damals um ein Missverständniss, als vielmehr bei der neuerlichen Aufnahme dieses Satzes in die Theorie um eine tiefgreifende Modification derselben handle, so lege ich damit Hering nicht die illoyale Bemäntelung einer ihm bekannten Thatsache zur Last, sondern ich spreche nur aus, dass er das logische Verhältniss seiner neueren zu seiner älteren Darstellung in einer Weise auffasst, die mir unzutreffend erscheint. Hierin wird kein Unbefangener etwas Ehrenrühriges erblicken; Jedermann weiss ja, dass genauere Ausführungen und Vervollständigungen einer Theorie dem Autor derselben oft in ganz anderem Lichte erscheinen als Anderen. Im vorliegenden Falle enthielt in der That die neuere Darstellung eine Anzahl von Sätzen und Gedanken, die in der älteren nicht, zum Theil nicht einmal andeutungsweise vorhanden waren und deren Bedeutung ich mehrfach ganz anders beurtheile als Hering[1]). — Wenn ich 12 Jahre nach dem Erscheinen der älteren Hering'schen Arbeiten mit dem Nachweise hervortrat, dass die Theorie in einem gewissen Punkte eine Annahme von grosser Künstlichkeit und Unwahrscheinlichkeit enthielte, so musste mir der Hinweis gestattet sein, dass erst Hering's neuere Darstellungen den Einwand in dieser Form zuliessen, und dass, ganz wie ich es 1878 ausgesprochen, die Fundamental-Vorstellungen der Theorie nur mittels einer solchen Annahme mit der von mir gefundenen Thatsache in Einklang zu bringen sind. Dieser Hinweis war um so mehr berechtigt, als die Hering'sche Theorie ihren bedeutenden Erfolg gewiss in erster Linie der grossen Einfachheit verdankt, welche sie in der ersten Darstellung aufwies; ich durfte ihre zahlreichen Anhänger darauf aufmerksam machen, dass sie diesen Vorzug durch die neueren Ausführungen zum grossen Theil eingebüsst hat. — Ich kann daher nicht zugestehen, hier mehr oder anderes gesagt zu haben als ich durfte und musste; ich habe einen literarischen Thatbestand bezeichnet, darüber aber, wie derselbe entstanden sei, mich überhaupt nicht ausgesprochen.

Was die sachliche Seite der Hering'schen Kritik anlangt, so wünscht Hering zu zeigen, dass ich seine Arbeiten nicht mit

1) So gewinnt namentlich der Satz, dass zwei Lichter, welche die gleiche Empfindung bewirken, in Bezug auf sämmtliche Urvalenzen übereinstimmen müssen, für mich eine ganz andere Tragweite als für Hering.

der genügenden Sorgfalt studirt habe und demzufolge einer Anzahl von Irrthümern und Verwechselungen mich schuldig mache, ferner auch, dass ich Thatsachen gegen ihn vorbringe, welche schon vor meinen Arbeiten längst bekannt waren, und deren Kenntniss ich auch bei ihm hätte voraussetzen müssen. Ich glaube, dass ein aufmerksamer und unpartheiischer Leser Nichts hiervon wird bestätigen können.

Wenn Hering in seinen älteren Arbeiten einfach sagte, dass das gelbe Licht auf die rothgrüne Sehsubstanz gar nicht wirke, wer sollte da wohl auf die Vorstellung kommen, dass dasselbe sowohl einen Assimilations- als einen Dissimilationsreiz darstelle? Es muss dabei noch bemerkt werden, dass es sich bei der Annahme von zwei in gewissem Sinne entgegengesetzten Reizwerthen keineswegs um eine blosse Fiction handelt, welche der Annahme gar keines Reizwerthes wesentlich äquivalent wäre (wie wir etwa in der Mechanik eine Kraft in 2 Componenten zerlegen); die erstere Vorstellung ist vielmehr von der letzteren ganz realiter verschieden, da für den einen dieser Reize die A-Erregbarkeit, für den anderen die D-Erregbarkeit in Betracht kommt, sie sich also verhalten wie zwei Kräfte, die verschiedene Angriffspunkte haben. Ich glaube schwerlich, dass irgend ein Leser damals eine andere Vorstellung sich gebildet hat, als dass das gelbe Licht für die rothgrüne Sehsubstanz weder Assimilations- noch Dissimilationsreiz sei. Habe ich mit dieser Auffassung ein Missverständniss begangen, so wird die Schuld desselben doch nicht auf mir, sondern auf Hering's Darstellung haften bleiben. — Noch einfacher liegt die Sache bezüglich des anderen Punktes, in dem mich Hering jetzt einer irrigen Auffassung zeiht. Wir haben nach Hering anzunehmen, dass „wie in der schwarzweissen Substanz fortwährend gleichzeitig Assimilation und Dissimilation stattfindet, so auch in den beiden anderen Substanzen“[1]). Wenn nun ausserdem D- und A-Reize, eine D- und A-Erregbarkeit unterschieden werden, so ist, wie mir scheint, die nothwendige Consequenz, dass die Grösse des A-Vorgangs durch die A-Reize und die A-Erregbarkeit, die Grösse des D-Vorgangs durch die D-Reize und die D-Erregbarkeit bestimmt wird[2]). Diese

1) Zur Lehre vom Lichtsinne, 6. Mittheilung, Wiener Sitzungsberichte Bd. 69. III. S. 14 des Sep.-Abdr.

2) Ich habe auch in meiner letzten Arbeit (zur Theorie der Gesichtsempfindungen l. c. S. 114. Anm.) ausdrücklich ausgesprochen, mir scheine

Anschauung wurde durch manche Stellen der Hering'schen Arbeiten auch noch direct unterstützt; so erklärt z. B. Hering[1]) die neutrale Stimmung des Sehorgans, wie folgt:

„Die hierbei stattfindende Dissimilirung ist, ganz theoretisch genommen, das Produkt zweier Factoren, nämlich der eben vorhandenen D-Erregbarkeit und der inneren D-Reize. Ebenso ist die Assimilirung das Produkt aus der A-Erregbarkeit und den A-Reizen." Ich meine also, es müsste, um es kurz zu bezeichnen, der Assimilationsvorgang proportional αA, der Dissimilationsvorgang proportional δD sein, wo A und D die Reizwerthe, α und δ die betreffenden Erregbarkeiten bedeuten. Dagegen haben wir uns nach Hering's Meinung die Sache so vorzustellen, dass stets nur die Differenz des Assimilations- und Dissimilationsmomentes wirksam wird, also der Werth $\alpha A - \delta D$. Ein Reiz ist unwirksam, sobald $\alpha A = \delta D$ ist; die Vorstellung, dass der A-Vorgang allein durch A-Reize und A-Erregbarkeit, der D-Vorgang durch D-Reize und D-Erregbarkeit bestimmt werde, ist aufzugeben. Wie diese Art der Abhängigkeit zu Stande kommt, bleibt dunkel; der von Hering herangezogene Vergleich mit dem Hebel ist offenbar unzutreffend; denn der Antagonismus der Drehungsmomente beruht ja bei diesem gerade darauf, dass sich der Hebel immer nur in einem Sinne drehen kann, nicht aber in beiden gleichzeitig. Es ist eben unzulässig, immer von einem Antagonismus zweier Kräfte wie von etwas ganz selbstverständlichem zu reden, wenn doch die Effecte, welche jede derselben hervorruft, nebeneinander ablaufen können[2]). Mag man aber über diesen Punkt denken was man will, jedenfalls ist klar, wie ungerechtfertigt Hering's Vorwurf ist, dass ich Reizwerth und physiologischen Effect verwechsele. Nicht auf einer solchen Verwechselung beruht es, wenn ich in der Theorie eine Vorstellung finde, die er nicht anerkennen will, sondern darauf, dass ich bezüglich des Zusammenhanges von Reiz

---

aus den Principien der Theorie nothwendig zu folgen, dass das gelbe Licht, wenn es sowohl D- als A-Reiz sei, auch sowohl D- als A-Vorgang anrege resp. steigere.

1) Zur Lehre vom Lichtsinne, 6. Mittheilung. Wiener Sitzungsberichte Bd. 69. III. S. 21 des Sep.-Abdr.

2) Ich habe übrigens hierauf schon in den Gesichtsempfindungen (S. 35) hingewiesen.

und physiologischem Effekt diejenige Vorstellung zu Grunde lege, welche mir die einzig mögliche scheint. Auch habe ich dies ja unmittelbar vor der von Hering angegriffenen Stelle ganz ausdrücklich ausgesprochen.

Sachlich ist die ganze Differenz hier ohne jede Bedeutung; denn zur Empfehlung gereicht der Theorie wohl die Vorstellung, dass ein Licht gleichzeitig Assimilations- und Dissimilationsreiz sei, ebenso wenig wie die, dass es gleichzeitig assimilirend und dissimilirend wirke.

Die Hering'sche Arbeit enthält andere Dinge, die noch befremdlicher sind. So führt Hering Beschwerde, dass ich seine Worte unrichtig angeführt habe; er habe wohl gesagt, dass das gelbe Licht auf die rothgrüne Sehsubstanz „gar nicht wirke," nicht aber, wie ich dies zweimal angäbe, dass es auf sie „überhaupt nicht" wirke. Der Leser wolle nun die beiden von Hering citirten Stellen nachschlagen; er wird dann finden, dass die von Hering incriminirten Worte einmal in meiner Arbeit von 1878 stehen; damals war ich, wie ich aufs Entschiedenste behaupten muss, vollkommen zu der Annahme berechtigt, dass dies Hering's Ansicht sei. An der zweiten von Hering angeführten Stelle, nämlich in meiner neueren Arbeit (Zur Theorie der Gesichtsempfindungen, l. c. S. 114) gebe ich aber gar nicht an, dass Hering sich so ausgedrückt habe; ich brauche die Worte vielmehr nur bei der kurzen Reproduction des Gedankenganges meiner älteren Arbeit, um gleich darauf hinzuzufügen, dass Hering diese Auffassung nicht als zutreffend anerkannt habe. Ich kann mich hiernach von dem Vorwurf, dass ich ungenau und sinnverschiebend citire, nicht getroffen fühlen.

Was soll man ferner dazu sagen, wenn Hering meint, für den von mir aufgestellten Satz (die Unabhängigkeit der Farbengleichungen vor der Ermüdung) sei der Beweis einfach dadurch, dass sich aus beliebigen Lichtern brauchbare Farbengleichungen überhaupt gewinnen liessen, schon längst erbracht gewesen! Ein allgemeiner Satz ist doch nicht bewiesen, wenn in einigen besonderen Fällen, in denen seine etwaige Ungültigkeit sich möglicherweise hätte bemerklich machen können, man nicht darauf gestossen ist. Hering weiss doch so gut wie, denke ich, jeder Naturforscher, dass man einen derartigen Satz nur aufstellen kann, wenn man ihn systematisch durchgeprüft hat. Dazu mussten im vorliegenden Falle möglichst viele Mischungsgleichungen, jede bei

mehreren verschiedenen und hochgradigen Ermüdungen beobachtet werden, wie ich dies gethan habe und auch Hering selbst nach mir zu thun nicht für überflüssig gehalten hat.

Als irrig muss ich es ferner bezeichnen, wenn Hering meint, die Wirksamkeit der gelben Strahlen auf die (umgestimmte) rothgrüne Substanz folge ja auch schon daraus, dass, wie längst bekannt, gelbes Licht dem rothermüdeten Auge grünlich erscheine. Diese Thatsache konnte man sehr wohl auf die Beimischung desjenigen Grün zurükführen, welches auch im verdunkelten Auge, ganz unabhängig von Lichtreizen, nach Roth-Ermüdung gesehen wird. Erst das Gleichbleiben eines aus Gelb und Blau und eines aus Roth und Grün gemischten Weiss lieferte den Nachweis, dass die Gleichheit der Reizwirkungen durch die Ermüdung nicht aufgehoben wird.

Hering deutet ferner an, mein experimentum crucis würde „ganz gegenstandslos“ gegenüber einer Auffassung der Erscheinungen des successiven Contrastes, welche gar keine Aenderungen der Erregbarkeit annähme, sondern lediglich „eine von dem nachher einfallenden Lichte unabhängige reactive Thätigkeit der Sehsubstanz“. Gewiss, mein Einwand würde gegenstandslos, wenn ein so wichtiger Theil der Theorie, dessen Exposition ein wahrlich nicht kleiner Theil der Hering'schen Arbeiten gewidmet ist, zurückgezogen, wenn die Lehre von der variablen D- und A-Erregbarkeit aus der Welt geschafft würde; er würde gegenstandslos, weil er seinen Zweck erreicht hätte. Zudem übrigens weiss Hering zweifellos (er deutet es zum Theil sogar selbst an) in wie grosse Schwierigkeiten anderer Art eine solche Auffassung sich verwickeln würde. Was nützt es also, hier auf einen Ausweg hinzuweisen, an dessen Einschlagung doch im Ernste kaum gedacht werden kann?

Ich soll endlich, wie Hering meint, ausser Acht gelassen haben, dass seine Theorie ausschliesslich ein Bild der psychophysischen Processe zu geben beabsichtige und über etwaige Vorgänge, welche zwischen Licht und jene Processe eingeschaltet seien, garnichts aussage. Die Sache liegt aber gar nicht so, vielmehr habe ich es mehrfach monirt, dass Hering, obwohl er die Existenz solcher Zwischenapparate im Prinzip annimmt, bei der Durchführung der Theorie im Einzelnen sie ignorirt und so verfährt, als ob es im Sehorgane

ausser den 3 Sehsubstanzen gar nichts gäbe. So schrieb ich schon im Jahre 1881 [1]): „Ein schlimmerer Fehler war die Uebertragung dieser Resultate, welche doch nur für die centralen Vorgänge Gültigkeit haben konnten, auf das ganze Sehorgan. Hierdurch erst wurde eine ganz neue Ermüdungstheorie, eine veränderte Theorie der angeborenen Farbenblindheit nothwendige Consequenzen der neueren Theorie; hierdurch erst setzte sich dieselbe mit einer Reihe anderer Thatsachen in Widerspruch. Nun möchte ich nicht der Hering'schen Theorie gegenüber in denselben Fehler verfallen, wie viele andere (Hering an der Spitze) gegenüber der Helmholtz'schen. Ich weiss nicht, ob sich Hering das Licht ganz direct auf seine 3 Sehsubstanzen wirkend denkt, oder ob und welche Zwischenglieder er annimmt. In der Arbeit „Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben" sagt Hering sogar ausdrücklich: „Zweitens wäre denkbar, dass gewisse Mittelglieder durch welche die Aetherschwingungen erst zu einem Reiz für die nervöse Substanz werden, abnorm fungiren oder theilweise fehlen." Thatsache ist jedenfalls, dass wir von diesen „Mittelgliedern" nie etwas zu hören bekommen, dass sie einfach ignorirt werden. Und hierin scheint mir der wesentlichste Fehler der Hering'schen Theorie in ihrer gegenwärtigen Gestalt zu liegen." Hieran muss ich auch jetzt festhalten. Hering's Theorie enthält eben eine ganz bestimmte Theorie der Ermüdungserscheinungen und zwar eine solche, die gewisse Thatsachen nicht zu erklären vermag; sie enthält ebenso eine ganz bestimmte Theorie der angeborenen Farbenblindheit und zwar eine, die meines Erachtens mit den Thatsachen im Widerspruch steht. Meine Veranlassung zur Opposition wird wenigstens in der Hauptsache fortfallen, wenn Hering es aufgiebt, auf der Basis seiner 3 Sehsubstanzen und 6 Processe die Erscheinungen der Ermüdung und der Farbenblindheit zu deuten. — Die Theorie wird, wie ich das auch schon früher angedeutet habe [2]), weit acceptabler (wiewohl immer noch nicht einwurfsfrei) [3]) wenn es gestattet wird, bei der Erklärung dieser Erscheinungen von den 3 Sehsubstanzen ganz abzusehen

1) Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse, S. 170.

2) Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse, S. 161.

3) Vgl. hierüber die Erörterungen in den „Gesichtsempfindungen" S. 34 und 36.

und statt dessen von gewissen Annahmen über die Zwischenmechanismen auszugehen. So gewinnen wir eben die Möglichkeit, jene Vorstellungen einzuführen, welche den Inhalt der Young-Helmholtz'schen Theorie bilden.

Wenn ich einen Nachtheil der Herings'schen Theorie darin erblickte, dass sie sich den bekannten Thatsachen der Photochemie nicht anschliesst, so habe ich auch hierbei nicht die Möglichkeit übersehen, sich die Wirkung des Lichts auf die Sehsubstanzen als eine indirecte, vermittelte zu denken. Vielmehr wollte ich, entgegen der Hering'schen Behauptung, dass die Young-Helmholtz'sche Theorie vor seiner und einer ganzen Anzahl ähnlicher gar keinen Vorzug besässe, darauf hinweisen, dass sie den grossen Vortheil habe, in unmittelbarer Anlehnung an bekannte physikalische und physiologische Thatsachen sich aufzubauen. Den Werth dieses Vorzuges kann es nicht mindern, wenn Hering sagt, dass für seine Theorie als eine Theorie der psycho-physischen Vorgänge ein solcher Anschluss nicht gefordert werden könne.

Das Gesagte wird, glaube ich genügen, um erkennen zu lassen, dass der Hering'schen Polemik eine sachliche Berechtigung nicht zu Grunde liegt. Im Interesse des Gegenstandes darf ich wohl noch darauf hinweisen, dass diese ganze Polemik den eigentlichen Gegenstand meiner Arbeit gar nicht berührt. Die Thatsache, dass die Mischungsgleichungen von der Ermüdung unabhängig sind, erklärt Hering daraus, dass zwei gleich aussehende Lichtmischungen stets in Bezug auf sämmtliche Urvalenzen (Reizwerthe) übereinstimmen. Wie aber dies kommt, ist unverständlich, sobald mehr als drei Urvalenzen angenommen werden, da die Gleichheit des Empfindungseffectes nicht mehr als drei Beziehungen zwischen den Valenzen der einen und der andern Lichtmischung verlangt. Nach der Hering'schen Theorie müssen zwei Lichter (dem neutral gestimmten Auge) gleich erscheinen, wenn sie übereinstimmen hinsichtlich der Weissvalenz, hinsichtlich der Differenz zwischen Roth- und Grünvalenz sowie der Differenz zwischen Gelb- und Blauvalenz. Weshalb nun dabei stets auch eine Uebereinstimmung bezüglich des Werthes jeder einzelnen der 4 farbigen Valenzen stattfindet, ist durchaus unerfindlich. Nur durch die Annahme, dass dem Lichte nur 3 verschiedene Reizwerthe zukommen und dass die Ermüdung auf der Variirung von 3 Erregbarkeiten beruht, wird diese Schwierig-

keit fortfallen. Gegen die Triftigkeit dieser Argumention ist bis jetzt von Hering Nichts vorgebracht worden. Und es wird dies auch schwerlich geschehen können; denn sie beruht ja im Grunde nur auf dem einfachen Satze, dass 3 Gleichungen nicht mehr als 3 Unbekannte bestimmen.

Gegenbemerkung.

Von

Ewald Hering,
Professor der Physiologie in Prag.

Die kleine Abhandlung, auf welche sich v. Kries in seiner jüngsten „Entgegnung“ bezieht, hatte nur den Zweck, meinen Verzicht auf jede weitere Discussion durch eine Beleuchtung seiner Polemik zu rechtfertigen. Infolge der Erklärung, welche v. Kries im Eingange seiner Entgegnung abgegeben hat, entfällt der Grund, der mich zu jenem Entschlusse bestimmte, und ich bin daher bereit, die Discussion wieder aufzunehmen. Dementsprechend werde ich in nächster Zeit seine Einwände gegen meine Theorie ausführlich widerlegen und dabei zugleich zeigen, dass ich auch das, was ich bereits in der erwähnten Abhandlung beiläufig gegen seine Einwendungen vorgebracht habe, durchaus aufrecht zu erhalten berechtigt bin.

(Aus dem physiologischen Institut in Bonn.)

Ueber die Grösse des Eiweissumsatzes bei abnorm gesteigerter Nahrungszufuhr (Weir-Mitchell'sche Kur).

Von

Dr. med. **Leopold Bleibtreu.**

In der Behandlung der Hysterie hat für gewisse Formen derselben in neuerer Zeit die Anwendung der Weir-Mitchell-schen Kur die allgemeinste Aufmerksamkeit der Aerzte auf sich gezogen. Die vielen Erfolge und Misserfolge rufen das Bedürfniss hervor, genauer die Bedingungen kennen zu lernen, unter denen die Kur Anwendung finden darf. In erster Linie ist daher durch Stoffwechseluntersuchungen festzustellen, welchen Einfluss die Kur auf die Ernährungsvorgänge des Organismus hat.

Die Weir-Mitchell'sche Kur besteht bekanntlich darin, dass bei gleichzeitiger Massage die Nahrungsaufnahme, besonders der eiweisshaltigen Substanzen in ganz aussergewöhnlicher Weise gesteigert wird.

Es ist nun allerdings bei einer abnorm gesteigerten Nahrungszufuhr nicht a priori zu erwarten, dass auch die Verdauung sich in gleichem Verhältniss mit der Zufuhr steigert, resp. entsteht die Frage, wieviel von der überschüssig zugeführten Nahrung den Organismus unverdaut im Koth verlässt. Es war deshalb nicht uninteressant, wenigstens den Eiweissumsatz einer nach der Weir-Mitchell'schen Kur behandelten Person festzustellen und die gefundenen Werthe mit dem Eiweiss verbrauch eines normalen Menschen zu vergleichen. Mit Vergnügen folgte ich daher der Aufforderung von Herrn Geheimrath E. Pflüger bei einer Patientin im Verlaufe der Weir-Mitchell'schen Kur den Eiweissumsatz durch Bestimmung des Stickstoffgehaltes im Harn zu ermitteln, um im Anschluss an meine früheren, in Gemeinschaft mit Dr. K. Bohland im hiesigen physiologischen Institut angestellten Untersuchun-

gen über den Eiweissumsatz des gesunden, unter normalen Lebensbedingungen stehenden Menschen[1]) die Werthe für den Eiweissumsatz bei excessiv gesteigerter Nahrungszufuhr festzustellen.

Die Patientin befand sich in Behandlung von Herrn Dr. R. Burkart, und wurde mir von demselben in bereitwilliger Weise das nöthige Material zur Verfügung gestellt.

Auch verdanke ich Herrn Dr. Burkart nachstehende Krankengeschichte.

Die 27 Jahre alte Patientin leidet seit mehreren Jahren an hysterischer Spinalirritation und ist in Folge dieser Krankheit, abgesehen von anderen Störungen, besonders im Gebrauche ihrer Körpermuskulatur wesentlich behindert. Als die Patientin am 10. April in die Behandlung eintrat, verbrachte sie ihre Tage in grösster geistiger Abgeschlagenheit und fast absoluter Körperruhe im Bett oder liegend auf dem Sopha. Zur Noth war sie im Stande, auf zwei Personen oder zwei Stöcke gestützt mit ganz nach vorn gekrümmtem Rücken einige Schritte durch die Stube sich hinzuschleppen. Sie war regelmässig menstruirt und zeigten ihre Organe, abgesehen von einer besonderen Empfindlichkeit der Processus spinosi einzelner Wirbel und abgesehen von grosser Lichtscheu der Augen, keine krankhaften Veränderungen. Sie nahm nur wenig Nahrung zu sich, litt an ausgesprochener nervöser Dyspepsie und wog bei einer Körperlänge von 1,66 m am 10. April 44,75 kg.

Da Herr Dr. Burkart an anderer Stelle über den Fall vom klinisch-therapeutischen Gesichtspunkt aus Bericht zu erstatten gedenkt, so beschränke ich mich darauf, hier bloss den chemisch-physiologischen Theil meiner Untersuchungen mitzutheilen. Der Eiweissumsatz wurde bestimmt durch Ermittelung des Stickstoffgehaltes des Harns nach der von E. Pflüger und K. Bohland modificirten Kjeldahl'schen Stickstoffbestimmungsmethode[2]).

Die ganze Untersuchung erstreckte sich auf den Zeitraum vom 10. April bis 4. Juni. Sistirt wurde dieselbe nur zweimal für die Zeit der Menstruation (vom 23.—27. April und vom 22.—27. Mai).

Die Untersuchung wurde nun in der Weise angeordnet, dass ich zunächst vor Beginn der Kur den Eiweissumsatz der Patientin

---

1) S. dies Archiv, Bd. 38.

2) S. dies Archiv, Bd. 36.

ermittelte durch Feststellen des Stickstoffgehaltes der 24 stündigen Harnmenge vom 10.—11. April. Während der Kur selbst wurde in der ersten Zeit der Stickstoffgehalt der dreitägigen, später der viertägigen und zuletzt der siebentägigen Harnmenge bestimmt und aus den gewonnenen Resultaten die tägliche Stickstoffausscheidung im Durchschnitt berechnet.

Um den Harn vor Zersetzung zu schützen, versäumte ich es nie, den Flaschen, in denen der Harn gesammelt wurde, einige Gramm reinen Phenols zuzusetzen.

Ausserdem führte ich noch eine Stickstoffanalyse der Kothmenge vom 7.—11. Mai aus, ebenfalls nach der Kjeldahl'schen Methode.

Nach Beendigung der Kur, die, beiläufig bemerkt, bei der betreffenden Patientin einen überaus guten Erfolg hatte (in der 10. Behandlungswoche war die Dame im Stande mehrere Stunden lang am Tage zu gehen, und ebenso waren alle Lähmungserscheinungen der übrigen Körpermuskulatur völlig verschwunden), verabsäumte ich nicht, den Eiweissumsatz der Patientin bei normaler Lebensweise zu untersuchen. (Analyse des Harnes vom 5.—7. Juli.)

Nachstehend theile ich die genaueren Resultate meiner Untersuchungen mit:

Versuch 1.

Körpergewicht der Patientin am 10. April: 44,75 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 10. April bis 11 Uhr Morgens des 11. April: 435 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,049912 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,050474 „ „

Mittel: 0,050193 „ „

Mithin ausgeschieden in 24 Stunden: 4,3667 „ „

Es berechnet sich also der Eiweissumsatz in 24 Stunden auf: 28,17 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 0,629 gr Eiweiss.

Versuch 2.

Körpergewicht der Patientin am 13. April: 46,12 ccm.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 11. April bis 11 Uhr Morgens des 14. April: 3780 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,044310 gr Stickstoff.

2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
   1. lieferten: 0,044324 gr Stickstoff.

   Mittel: 0,044317 „ „

Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 33,503 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 11,167 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 72,04 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 1,562 gr Eiweiss.

Versuch 3.

Körpergewicht der Patientin am 16. April: 47,48 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 14. April bis 11 Uhr Morgens des 17. April: 4250 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,047596 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
   1. lieferten: 0,047553 „ „

   Mittel: 0,047574 „ „

Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 40,4379 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 13,479 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 86,95 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 1,83 kg.

Versuch 4.

Körpergewicht der Patientin am 19. April: 48,83 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 17. April bis 11 Uhr Morgens des 20. April: 4640 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,057943 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
   1. lieferten: 0,058013 „ „

   Mittel: 0,057978 „ „

Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 53,80 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 17,93 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 115,7 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,37 gr Eiweiss.

Versuch 5.

Körpergewicht der Patientin am 22. April: 50,14 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 20. April bis 11 Uhr Morgens des 23. April: 4880 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,062056 gr Stickstoff.

2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
1. lieferten: 0,062155 gr Stickstoff.
Mittel: 0,062105 „ „
Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 60,61 „ „
Also im Durchschnitt pro Tag: 20,2 „ „
Es berechnet sich also der Eiweissumsatz im Durchschnitt pro Tag auf: 130,3 gr.
1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,598 gr.

Versuch 6.

Körpergewicht der Patientin am 29. April: 52,31 kg.
Gesammtharn von 11 Uhr morgens des 27. April bis 11 Uhr Morgens des 30. April: 6500 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,060863 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
1. lieferten: 0,060849 „ „
Mittel: 0,060856 „ „
Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 79,11 „ „
Also im Durchschnitt pro Tag: 26,37 „ „
Es berechnet sich also der Eiweissumsatz im Durchschnitt pro Tag auf: 170,1 gr.
1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 3,25 gr Eiweiss.

Versuch 7.

Körpergewicht der Patientin am 2. Mai: 53,14 kg.
Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 30. April bis 11 Uhr Morgens des 3. Mai: 5640 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,062829 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie
1. lieferten: 0,062829 „ „
Mittel: 0,062829 „ „
Mithin ausgeschieden in 3 Tagen: 70,87 „ „
Also im Durchschnitt pro Tag: 23,62 „ „
Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 152,3 gr.
1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,866 gr Eiweiss.

Versuch 8.

Körpergewicht der Patientin am 5. Mai: 53,96 kg.
Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 3. Mai bis 11 Uhr Morgens des 7. Mai: 7140 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,067953 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,067448 „ „

Mittel: 0,067701 „ „

Mithin ausgeschieden in 4 Tagen: 96,68 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 24.14 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 155,76 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,88 gr Eiweiss.

Versuch 9.

Körpergewicht der Patientin am 9. Mai: 54,93 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 7. Mai bis 11 Uhr Morgens des 11. Mai: 7600 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,064696 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,064921 „ „

Mittel: 0,064808 „ „

Mithin ausgeschieden in 4 Tagen: 98,51 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 24,62 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 158,85 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,89 gr Eiweiss.

Versuch 10.

Körpergewicht der Patientin am 11 Mai: 55,5 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 11. Mai bis 11 Uhr Morgens des 12. Mai: 1833 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,068094 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,067982 „ „

Mittel: 0,068038 „ „

Mithin ausgeschieden in 24 Stunden: 24,94 „ „

Es berechnet sich also der Eiweissumsatz pro Tag auf: 160,9 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,9 gr.

Versuch 11.

Körpergewicht der Patientin am 15. Mai: 56,48 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 12. Mai bis 11 Uhr Morgens des 18. Mai: 12480 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,067953 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,067813 „ „

Mittel: 0,067883 gr Stickstoff.

Mithin ausgeschieden in 6 Tagen: 169,44 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 28,94 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 182,19 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 3,22 gr Eiweiss.

Versuch 12.

Körpergewicht der Patientin am 20. Mai: 58,3 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 18. Mai bis 11 Uhr Morgens des 22. Mai: 7800 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,066268 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1 lieferten: 0,066226 „ „

Mittel: 0,066247 „ „

Mithin ausgeschieden in 4 Tagen: 103,345 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 25,83 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 166,6 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,857 gr Eiweiss.

Versuch 13.

Körpergewicht der Patientin am 1. Juni: 60,9 kg.

Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 27. Mai bis 11 Uhr Morgens des 31. Mai + dem Gesammtharn von 11 Uhr Morgens des 1. Juni bis 11 Uhr Morgens des 4. Juni: 14360 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,06669 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,06662 „ „

Mittel: 0,06665 „ „

Mithin ausgeschieden in 7 Tagen: 191,42 „ „

Also im Durchschnitt pro Tag: 27,34 „ „

Es berechnet sich also im Durchschnitt der Eiweissumsatz pro Tag auf: 176,38 gr.

1 kg Körpergewicht verbraucht in 24 Stunden: 2,89 gr Eiweiss.

Versuch 14.

Gesammtharn von $^1/_2$ 9 Uhr Morgens des 5. Juli bis $^1/_2$ 9 Uhr Morgens des 7. Juli: 3010 ccm.

1. 5 ccm Harn mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,049982 gr Stickstoff.
2. 5 ccm Harn ebenso behandelt wie 1. lieferten: 0,05005 „ „

Mittel: 0,05003 „ „

Mithin ausgeschieden in 2 Tagen: 30,101 gr Stickstoff.
Also im Durchschnitt pro Tag: 15,0505 „ „
Es berechnet sich also der Eiweissumsatz pro Tag auf: 97,1 gr.

Kothuntersuchung.

Koth von 11 Uhr Morgens des 7. Mai bis 11 Uhr Morgens des 11. Mai.

Der Koth wurde mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert, zuerst auf dem Wasserbade und später im Trockenschrank bei 100° C. getrocknet.

Gewicht der Trockensubstanz: 190 gr.

1. 0,97 gr des trockenen Koths mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,0520884 gr Stickstoff.

Es berechnet sich also der Stickstoffgehalt für 190 gr auf 10,2 gr.

2. 1,26 gr des trockenen Koths mit 40 ccm rauchender Schwefelsäure 10 Stunden gekocht, lieferten: 0,067673 gr Stickstoff.

Es berechnet sich also der Stickstoffgehalt für 190 gr auf: 10,2 gr.

Es beträgt demnach die Stickstoffausscheidung durch den Koth pro Tag: 2,55 gr.

Entsprechend einer Eiweissmenge von 16,45 gr.

Nachstehend seien hier noch die Angaben von Herrn Dr. Burkart über die Gewichtszunahme der Patientin während der Weir-Mitchell'schen Kur mitgetheilt.

Gewichtstabelle:

Die Patientin wog am:

Datum	Gewicht
10. April	44,75 kg
18. „	48,40 „
24. „	51,00 „
27. „	51,75 „
4. Mai	53,70 „
11. „	55,50 „
18. „	57,80 „
23. „	58,90 „
27. „	60,35 „
3. Juni	61,45 „
10. „	63,80 „

Gewichtszunahme vom 10. April bis 10. Juni = 19,05 kg.

In der nun folgenden Tabelle habe ich die Resultate meiner Versuche zusammengestellt. Zur Feststellung der Werthe des Eiweissumsatzes für 1 kg Körpergewicht habe ich aus den oben angeführten Gewichtsangaben von Dr. Burkart das Gewicht der Patientin für die betreffenden Tage durch Durchschnitts-Berechnung bestimmt.

Tabelle über den Eiweissumsatz der Patientin während der Weir-Mitchell'schen Kur.

Datum.	Umgesetztes Eiweiss in 24 Std. in gr.	Gewicht der Patientin: Datum.	Kilo.	Eiweissumsatz pro 24 Std. u. 1 kg Körpergewicht in gr.	Nr. des Protokolls.
11.–14. April	72,04	13. April	46.12	1,562	2
14.–17. „	86,95	16. „	47,48	1,830	3
17.–20. „	115,70	19. „	48,83	2,370	4
20.—23. „	130,30	22. „	50,14	2,598	5
27.—30. „	170,10	29. „	52,31	3,250	6
30.—3. Mai	152,30	2. Mai	53,14	2,866	7
3.—7. „	155,76	5. „	53,96	2,880	8
7.—11. „	158,85	9. „	54,93	2,890	9
11. „	160,90	11. „	55,50	2,900	10
12.–18. „	182,19	15. „	56,48	3,220	11
18.—22. „	166,60	20. „	58,30	2,857	12
27.—31. „	176,38	1. Juni	60,9	2,890	13
1.—4. Juni	176,38			2,890	13
Mittel:	149,92 gr		Mittel:	2,736 gr	
Minimum:	72,04 „		Minimum:	1,562 „	
Maximum:	182,19 „		Maximum:	3,25 „	

Es betrug also, wie aus Versuch 1 des Protokolles ersichtlich ist, der Eiweissumsatz der Patientin am Tage vor Beginn der Kur (10. auf 11. April) 28,17 gr bei einem Körpergewicht von 44,75 kg, demnach für 1 kg Körpergewicht pro die 0,629 gr. Es ist dieser Werth kleiner als der geringste beobachtete Werth von 99 Versuchen, die im hiesigen physiologischen Institut an 22 gesunden Personen von E. Pflüger, K. Bohland und mir angestellt wurden. Dieser betrug, wie aus der General-Tabelle in der Arbeit „Ueber die Grösse des Eiweissumsatzes" erhellt, 35,229 gr pro die, für 1 kg Körpergewicht 0,669 gr (Generaltabelle No. 17 Person VI).

Schon in den ersten drei Tagen der Weir-Mitchell'schen

Kur steigt der Eiweissumsatz auf 72,04 gr pro die (No. 2 des Protokolles), das ergibt bei dem bis zum 13. April auf 46,12 kg gesteigerten Körpergewicht pro 1 kg 1,562 gr; diese Zahl übersteigt also schon in der Berechnung auf 1 kg Körpergewicht den Durchschnittswerth aus unseren früheren 99 Versuchen von 1,464 gr.

Im weiteren Verlauf der Kur steigen, wie ein Blick auf die vorstehende Tabelle zeigt, die Werthe ganz bedeutend und erreichen in den Tagen vom 12.—18. Mai in 182,19 gr pro die und 3,22 gr pro 1 kg bei gleichzeitiger bedeutender Gewichtszunahme der Patientin ihr Maximum (No. 11 des Protokolles). Fasst man die gefundenen Werthe für 1 kg Körpergewicht ins Auge, so ist das Maximum schon in den Tagen vom 27.—30. April in 3,25 gr erreicht (No. 6 des Protokolles; Eiweissumsatz 170,10 gr; Körpergewicht 52,31 kg).

Berechnet man das Mittel aus sämmtlichen vom 11. April bis 4. Juni angestellten Versuchen, so erhält man einen Werth von 149,92 gr pro die und 2,736 gr für 1 kg Körpergewicht.

So hohe Werthe haben wir bei unseren früheren Untersuchungen über den Eiweissumsatz beim gesunden Menschen bei normaler Lebensweise niemals erhalten.

Das Mittel aus den vorher schon erwähnten 99 Analysen betrug laut der Generaltabelle 99,46 gr pro Tag und 1,464 gr pro Tag und 1 kg Körpergewicht. Der höchste Werth, den wir bei unsern Versuchen beim gesunden Menschen und bei normaler Lebensweise beobachteten, war pro Tag 147,3 gr oder 2,192 gr pro Tag und 1 kg Körpergewicht. (Generaltabelle No. 38. Person VIII.)

Ueberschritten wurde der Werth von 149,92 gr pro Tag nur in 2 früheren Analysen, die aber nicht in die Generaltabelle aufgenommen wurden. Dieselben wurden von dem Harn eines Patienten ausgeführt, der Abends häufiger bis 38,5° C. fieberte. Bei diesem Patienten betrug nach den beiden Analysen der Eiweissumsatz 161,8 und 155,9 gr pro Tag. (Nr. 48 und 51 des Protokolles.) Aber auch diese letzteren Werthe sind kleiner als sämmtliche seit dem 27. April bei unserer Patientin beobachteten.

Würde man den aus der Tabelle sich ergebenden Mittelwerth für den Eiweissumsatz pro Tag und 1 kg Körpergewicht von 2,736 gr mit dem mittleren Gewicht des Menschen (zu 62 kg angenommen) multipliciren, so würde das einen Eiweissumsatz von 169,63 gr

ausmachen, bei dem Maximalwerth von 3,25 gr pro 1 kg sogar einen Umsatz von 201,5 gr.

Dagegen war nach unseren früheren Untersuchungen bei jungen männlichen Individuen, die sich angestrengt körperlich beschäftigten, der Mittelwerth des Eiweissumsatzes pro Tag und 1 kg Körpergewicht 1,725 gr, also auf das mittlere Gewicht von 62 kg berechnet nur 106,95 gr Eiweiss; der höchste damals beobachtete Werth betrug 2,192 gr pro Tag und 1 kg, also 135,9 gr auf ein Normalgewicht von 62 kg.

Es geht also aus den mitgetheilten Resultaten meiner Untersuchungen hervor, dass man durch vermehrte Nahrungszufuhr verbunden mit Massage den Eiweissumsatz in ganz enormer Weise steigern kann.

Was die Massage betrifft, so wurde mit derselben am 16. April begonnen, in der ersten Zeit den Tag 25 Minuten lang, dann allmählich steigend bis zu einer Stunde.

Ich glaube, dass man es den passiven Muskelbewegungen bei der Massage zum Theil zuschreiben darf, dass so grosse Mengen Eiweiss ohne Beschwerden von Seiten des Magens und der Verdauungsorgane verarbeitet werden. Dass Muskelbewegungen eine Steigerung des Eiweissumsatzes herbeizuführen im Stande sind, beobachteten wir bei unseren früheren Versuchen, indem derselbe nach Bergtouren und nach angestrengter körperlicher Arbeit stets erhöht war, was wir auf die gleichzeitig zu constatirende Appetitsteigerung zurückzuführen Grund hatten.

Trotzdem nun aus meinen Analysen hervorging, dass der Eiweissverbrauch in ganz enormer Weise während der Weir-Mitchell'schen Kur gesteigert war, so lag doch noch immer die Möglichkeit vor, dass ein grosser Theil des zugeführten Eiweisses mit dem Koth den Organismus verliess. Ich entschloss mich daher durch eine Kothanalyse festzustellen, ob der Stickstoffgehalt des Kothes über das normale Maass gesteigert sei oder nicht. Ich habe die Analyse am Schlusse meines Protokolles mitgetheilt.

Es wurde der Koth vom 7.—11. Mai gesammelt und dem Aufbewahrungsgefäss verdünnte Schwefelsäure zugesetzt, damit das bei der Fäulniss freiwerdende Ammoniak an dieselbe gebunden würde.

Darauf wurde die gesammte Masse zunächst auf dem Wasserbad, später in dem Trockenschrank bei 100° C. getrocknet, fein ge-

pulvert und zwei genau abgewogene Mengen der Analyse unterworfen. Es ergab sich der Stickstoffgehalt der viertägigen Kothmenge zu 10,2gr, mithin der eintägigen zu 2,55gr. Dieser Werth würde einer Eiweissmenge von 16,45gr entsprechen. Nach den mir zur Verfügung stehenden Speisezetteln berechnet sich in den Tagen vom 7.—11. Mai nach den Koenig'schen Tabellen[1]) der Eiweissgehalt der Nahrung pro Tag auf 217,1gr, davon verliessen also nach meinen Resultaten 16,45gr d. h. 7,57% mit den Fäces den Organismus. Es ist also demnach die Menge der stickstoffhaltigen Substanzen im Koth nicht über die Norm erhöht.

Es erübrigt noch, dass ich kurz auf die während der Kur verabfolgte Nahrung zurückkomme. Dieselbe bestand hauptsächlich aus Milch, Fleisch, Eiern und Zwieback. Um einen Begriff zu geben von den zugeführten Mengen an Nahrung, lasse ich hier den Speisezettel folgen, der vom 7.—28. Mai inne gehalten wurde:

Milch:	2064 gr
Fleisch:	352 „
Eier:	212 „
Weissbrod:	30 „
Zwieback:	325 „
Kartoffeln:	200 „
Gemüse:	100 „
Butter:	20 „
Süsse Speise:	100 „

Aus den mir zu Gebot stehenden Angaben über die Nahrungsaufnahme während der Weir-Mitchell'schen Kur habe ich ausserdem noch nach den Mittelwerthen der Koenig'schen Tabellen den Eiweissgehalt der Nahrung bestimmt. Wenn auch die so gefundenen Werthe keinen Anspruch auf Genauigkeit haben, so geben sie doch einen annähernden Maassstab für die stattgehabte Eiweisszufuhr ab. Ich theile die durch Berechnung gefundenen Zahlen nachstehend mit:

11. April:	92,49 gr	Eiweiss
12. „	112.17 „	„
13. „	116,75 „	„
14. „	120,92 „	„
15. „	130,10 „	„
16. „	162,50 „	„
17. „	169,20 „	„
18. und 19. April pro Tag:	176,60 „	„
20. „	185,50 „	„
21. „	181,70 „	„
22. „	197,70 „	„

1) S. Dr. J. Koenig, Chemische Zusammensetzung der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel (Berlin 1879.)

27. April bis 3. Mai pro Tag:	190,10 gr	Eiweiss
4. Mai:	211,70 „	„
5. „	212,70 „	„
6. „	211,70 „	„
7. bis 28. Mai:	217,10 „	„
29. „	202,50 „	„
30. „	184,30 „	„
1. bis 3. Juni:	184,30 „	„

Also in 44 Tagen Summa: 8419,43 gr Eiweiss.

Ob und in welchem Verhältniss die während der Kur erfolgte bedeutende Gewichtszunahme auf Fettansatz oder auf Ansatz von stickstoffhaltigem Gewebe zurückzuführen ist, darüber könnte man nur absolut sichere Resultate gewinnen, wenn man während der Kur neben den Harnanalysen auch alle übrigen Werthe ermittelt, die zur Aufstellung der Haushaltsbilanz nöthig sind.

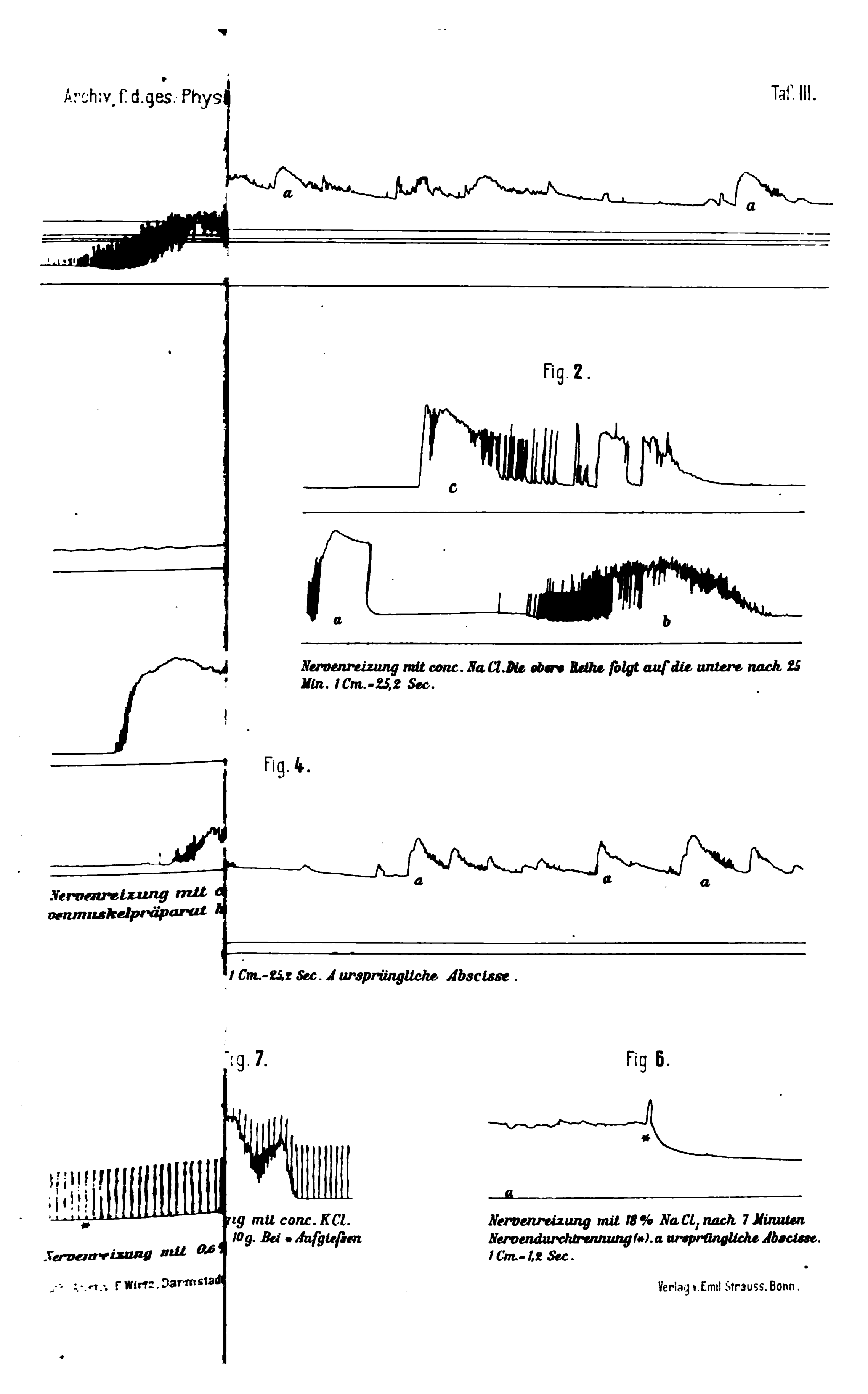
Dass jedoch die Gewichtszunahme der Patientin zum Theil auf Ansatz von stickstoffhaltiger Substanz bezogen werden muss, geht aus folgender Betrachtung hervor.

Das während den 44 Versuchstagen aufgenommene Eiweiss beträgt nach den Koenig'schen Tabellen 8419,43 gr, der durch den Harn in diesen 44 Tagen entleerte Stickstoff entspricht einer Eiweissmenge von 6595,71 gr. Rechnet man dazu 637,4 gr Eiweiss, die mit dem Koth abgehen (7,57% der aufgenommenen Nahrung), so bleiben 1186,32 gr übrig, die vom Organismus zum Aufbau eiweisshaltigen Gewebes benutzt sein müssen. Nehme ich nun an, dass die eiweisshaltigen Gewebe des Organismus im Durchschnitt 16% Eiweiss enthalten, so würden die 1186,32 gr einer Gewichtszunahme von 7,414 kg entsprechen, die auf Ansatz stickstoffhaltigen Gewebes zu beziehen wären.

Die Gesammtgewichtszunahme in den 44 Tagen, an denen Analysen des Harns ausgeführt wurden, betrug 15,84 kg, also käme ungefähr die Hälfte auf Ansatz eiweisshaltiger Substanz.

Nach Beendigung der Kur, als die Patientin sich wieder unter normalen Lebensbedingungen befand, bestimmte ich nochmals den Stickstoffgehalt des Harns und fand, dass der daraus berechnete Eiweissumsatz 97,1 gr pro Tag betrug (No. 14 des Protokolles) also ein Werth, der der früher von uns ermittelten Durchschnittszahl von 96,467 gr sehr nahe kommt.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Geh. Rath Pflüger für seine freundliche Unterstützung, welche er mir bei Anfertigung vorliegender Untersuchung zu Theil werden liess, meinen besten Dank auszusprechen.



Nervenreizung mit conc. Na Cl. Die obere Reihe folgt auf die untere nach 25 Min. 1 Cm. = 25,2 Sec.

Nervenreizung mit c... venmuskelpräparat h... 1 Cm. = 25,2 Sec. A ursprüngliche Abscisse.

Nervenreizung mit 0,6... ...ng mit conc. KCl. ...10 g. Bei * Aufgießen

Nervenreizung mit 18 % Na Cl; nach 7 Minuten Nervendurchtrennung (*). a ursprüngliche Abscisse. 1 Cm. = 1,2 Sec.

... F. Wirtz, Darmstadt

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

Ueber Secretion und Resorption im Dünndarm.

Von

Dr. **F. Röhmann,**

Privatdocent und Assistent am physiologischen Institut zu Breslau.

Herr Gumilewski aus Kasan hat vor kurzem in dem hiesigen physiologischen Institute an einem Hunde mit Thiry-Vella'scher Darmfistel Versuche über die Resorption von Salzen im Dünndarm angestellt und über dieselben in diesem Archiv Band XXXIX p. 556 berichtet. Der Hund (Gumilewski's Hund I), der zuletzt zu diesen Versuchen gedient hatte, war anscheinend nach jeder Richtung hin so geeignet, die Fistel befand sich, trotzdem viele Monate seit der Operation verstrichen waren, noch immer in einem so guten Zustande, dass ich gerne dem Wunsche meines verehrten Chefs, des Herrn Geheimrath Heidenhain, entsprach und die von Gumilewski mit Salzen begonnenen Resorptionsversuche mit den für unsere Ernährung wichtigsten organischen Stoffen: Stärke, Traubenzucker, Rohrzucker und Peptonen fortsetzte.

Im Verlaufe dieser Untersuchungen schien es aus mehrfachen Gründen dringend geboten, die an diesem Hunde gewonnenen Resultate durch Versuche an einem frisch operirten zu controlliren.

Bei der Section des Gumilewski'schen Hundes hatte sich gezeigt, dass das Darmstück, welches zu den Versuchen gedient hatte, 11 cm lang war. Die Narbe, welche derjenigen Stelle des Dünndarms entsprach, an welcher sich vorher der Experimentirdarm befunden hatte, lag 164 cm vom Pylorus und 48 cm vom Colon entfernt.

Dasjenige, was uns bei diesem Hunde immer auffallend erschienen war, war die viele Monate lang, allerdings immer in genau derselben Weise, anhaltende relativ starke Secretion. Es war nicht unmöglich,

dass dieselbe mit einer gewissen Kleinheit des Experimentirdarmes im Zusammenhang stand, insofern als sich in ihr die mit der Einführung der Ballons (s. u.) unvermeidlich verbundenen Reizungen der Darmschleimhaut in einem Grade geltend machen konnten, der sich vermeiden liess, wenn man ein grösseres Stück Darm excidirte. Dementsprechend wurde bei dem zweiten Hunde ein grösseres Stück Dünndarm zur Fistel verwendet.

In der That ergaben die an diesem Hunde gemachten Beobachtungen sehr grosse Unterschiede im Vergleich zu dem ersten. Die Section lehrte aber, dass nicht nur die Länge des excidirten Darmstückes eine grössere war — sie betrug 20 cm — sondern auch die Gegend des Dünndarms, der sie entstammte, eine andere. Die betreffende Narbe im Dünndarm lag 117 cm vom Pylorus und 150 cm vom Coecum entfernt. Es blieb deshalb nichts weiter übrig, als noch einen dritten Hund zu operiren und bei diesem eine möglichst grosse Schlinge dem unteren Theil des Dünndarms zu entnehmen.

So haben wir drei, übrigens ziemlich gleich grosse, 10—15 kg schwere Hündinnen.

Hund I.

Es ist derselbe, den schon Gumilewski zu seinen Versuchen benutzt hat, auch von ihm als Hund I bezeichnet (l. c. p. 565). Operirt im October 1885; getödtet am 21. März 1887.

Länge des Experimentirdarms 11 cm.

Entfernung der Narbe im Dünndarm vom Pylorus 164 cm, vom Coecum 48 cm.

Hund II.

Operirt am 25. Januar 1887, getödtet am 26. Mai 1887.

Länge des Experimentirdarms 20 cm.

Entfernung der Narbe im Dünndarm vom Pylorus 117 cm, vom Coecum 150 cm.

Hund III.

Operirt am 20. Juni 1887, getödtet am 10. August 1887.

Länge des Experimentirdarms 30 cm.

Entfernung der Narbe im Dünndarm vom Coecum 35 cm.

Auf diese drei Hunde beziehen sich die im Folgenden mitzutheilenden Beobachtungen.

I. Beschaffenheit und Menge des Darmsaftes.

In der Darmschleimhaut spielen sich neben einander zwei Gruppen von Vorgängen ab, deren Richtung eine entgegengesetzte

ist. Die Tendenz der einen geht nach dem Darmlumen zu, die Tendenz der anderen vom Darmlumen weg in das Innere des Organismus hinein. Die einen bereiten die Resorption vor, die anderen vermitteln diese selbst. Beide sind die Functionen getrennter Organe, der Lieberkühn'schen Drüsen und der Darmzotten.

Die Lieberkühn'schen Drüsen liefern ein Secret, dessen Zweck es ist, gewisse Nahrungsmittel, soweit dies noch nicht durch die Einwirkung anderer Verdauungssäfte geschehen ist, in den zur Resorption geeignetsten Zustand zu versetzen, weiterhin aber auch Bedingungen zu schaffen, welche die Resorption dieser und anderer Stoffe begünstigen oder überhaupt erst ermöglichen.

Durchmustern wir zunächst die bisherigen Angaben, welche sich auf den „Darmsaft" beziehen.

Frerichs[1]) erhielt dadurch, dass er bei hungernden Katzen und Hunden 4—8 Zoll lange Strecken des Dünndarms, aus denen vorher durch vorsichtiges Streichen (Pressen und Drücken sagt Lehmann)[2]) etwa noch vorhandene Darmcontenta entfernt wurden, unterband, in die Bauchhöhle reponirte, diese schloss und die Thiere nach 4—6 Stunden tödtete, nicht unbeträchtliche Quantitäten „reinen Darmsaftes". Derselbe ist eine glasartig durchsichtige, farblose zähe Masse von stark alkalischer Reaction.

Völlig ebenso beschaffen fand Lehmann den Darmsaft aus dem Ileum eines Mannes, der in Folge einer schlecht ausgeführten Herniotomie mehrere Darmfisteln hatte; an der einen fistulösen Darmöffnung trat der Darmbrei zu Tage, an der anderen konnte reiner Darmsaft gesammelt werden.

W. Busch[3]) dagegen beobachtete an seiner Patientin mit Fistel im oberen Theil des Dünndarms, dass für gewöhnlich von der Darmschleimhaut nur eine ausserordentlich geringe Menge Secret abgesondert wird, welche einen in den Darm eingeführten Lakmusstreifen nur stellenweise durchfeuchtete. In pathologischem Zustande jedoch oder nach Einwirkung eines stärkeren Reizes wie z. B. beim Anziehen der Darmwände mit Pincetten wurde der Darmsaft reichlicher abgesondert. Derselbe war nicht flüssig, sondern so dickschleimig und zusammenhängend wie das Secret der Nasenschleimhaut. Die Menge der festen Bestandtheile wechselte und betrug zwischen 3,87% und 7,4%.

Zu diesen Angaben stimmen auch die Beobachtungen von Bidder und Schmidt[4]).

1) Wagner, Handwörterbuch der Physiologie, Bd III, p. 851.

2) Lehmann, Lehrbuch der physiol. Chemie, Bd. II, p. 111 ff.

3) W. Busch, Beitrag zur Physiologie der Verdauungsorgane, Virch. Archiv, Bd. 14.

4) Bidder und Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, Mitau und Leipzig, 1852, p. 260 ff.

Es gelang ihnen, selbst wenn sie zur Beförderung der Secretion Schrotkörner in den Darm brachten, nicht irgendwie nennenswerthe Mengen von Flüssigkeit nach dem Verfahren von Frerichs zu gewinnen. Höchstens erhielten sie ein Paar Tropfen Flüssigkeit, an denen allenfalls die Reaction gegen Lakmus, nicht aber das weitere chemische oder physiologische Verhalten geprüft werden konnte. — Wurden Hunde und Katzen, nachdem dieselben 24 Stunden und mehr gehungert hatten, durch Strangulation oder durch Aetherinhalationen rasch getödtet, so fand sich die Darmwand in dem oberen Theile von einem halbflüssigen gelben Schleime bedeckt, in welchem, wenn er durch leichtes Streichen über die Darmfläche gewonnen wurde, Epithelialcylinder und deren Trümmer unter dem Mikroskope auftraten, während im unteren Theil des Dünndarms die innere Oberfläche nur feucht genannt werden konnte. — Dieselben Forscher legten nach Unterbindung der Ductus pancreatici und nach Ableitung der Galle durch eine Gallenblasenfistel eine Dünndarmfistel etwa am Uebergange des ersten Drittels in das zweite Drittel an und erhielten so reinen Darmsaft, der nach dem Filtriren eine zähflüssige, fadenziehende, farblose und stark alkalische Substanz darstellte. Zur genaueren chemischen Analyse reichte die gewonnene Menge nicht hin, sondern gestattete nur die Anstellung von ein Paar künstlichen Verdauungsversuchen. —

Vergleichen wir hiermit die Angaben derjenigen, welche ihre Beobachtungen an Hunden mit Thiry'scher oder Vella'scher Darmfistel anstellten. Thiry[1]), Quincke[2]), Masloff[3]), Gumilewski[4]) fanden, dass von den nicht gereizten Darmschlingen überhaupt kein Secret abgesondert wird. An den Gumilewski'schen Hunden tropfte während und unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme vorübergehend, spontan Secret aus den Fistelöffnungen. A. Dobroslawin[5]) erhielt ohne Reizung bei seinem Hund Nr. 2 (mit enger Fistelöffnung. Gewicht desselben 12650 gr) in maximo 0,687 gr in einer Stunde, bei seinem Hunde Nr. 1 (weite Fistelöffnung. 6897 gr schwer) bis 1,942 gr in einer Stunde.

Die Menge des Secretes, welches von den erwähnten Autoren durch mechanische Reizung (und hierher gehören auch die Versuche von Gumilewski, da ja in ihnen mit 4—8 ccm Wasser aufgespritzte Gummiballons stundenlang im Darm liegen blieben) erhalten wurde, schwankte. Sie

1) L. Thiry, Ueber eine neue Methode den Dünndarm zu isoliren, Sitzungsber. d. k. k. Acad. d. W. zu Wien, 1864, Bd. L.

2) H. Quincke, Ueber die Ausscheidung von Arzneistoffen durch die Dünndarmschleimhaut, Arch. f. Anat. u. Physiologie, 1868.

3) A. Masloff, Zur Dünndarmverdauung, Untersuchungen aus dem physiolog. Inst. d. Univers. Heidelberg, Bd. II, 1882, p. 290.

4) l. c.

5) A. Dobroslawin, Beiträge zur Physiologie des Darmsaftes. Untersuchungen aus dem Inst. f. Physiol. u. Histologie in Graz. Leipzig, 1870, S. 68.

zeigte sich abhängig von der Intensität des angewendeten Reizes (Thiry, Masloff) und dem Verdauungsstadium (Thiry, Gumilewski). Sie betrug bei dem einen Hunde von Thiry, dessen Darmschlinge 10 cm lang war und eine Schleimhautoberfläche von 30 □ cm hatte, durchschnittlich 4 gr in der Stunde; bei Dobroslawin's Hund 1 (Länge des isolirten Darmstückes 13 cm) im Durchschnitt 1,79 gr, bei Hund 2 (Länge des isolirten Darmstückes 17 cm) im Durchschnitt 2,27 gr in der Stunde, sie betrug bei dem Hund I von Gumilewski, dessen Darmschlinge 11 cm lang war, in maximo 10 ccm, bei einer 30 cm langen Darmschlinge von Fubini und Luzzati[1]) selbst 15 ccm.

Durch electrische Reizung erhielten sowohl Thiry wie Dobroslawin eine bedeutende Vermehrung der Secretion.

Gumilewski beschreibt den Darmsaft als eine im Anfange der Secretion gelbliche, trübe, etwas fadenziehende Flüssigkeit, welche bei der Verstärkung der Absonderung weisslich trübe, opalisirend und endlich ganz wasserklar wird. Nach den verschiedenen Graden der Absonderung enthält der Darmsaft bald mehr, bald weniger grosse Mengen kleiner oder grösserer gallertiger Flocken. Bei Beginn der Secretion tritt aus der Darmschlinge in der Regel eine grössere Menge gelblicher Klümpchen hervor, welche neben Schleim (in diesem Falle nicht gleichbedeutend mit Mucin) und leucocytenähnliche Körperchen abgefallene Epithelzellen enthalten.

Dobroslawin legt im Gegensatz zu Thiry, dessen Angaben sich auf filtrirten Darmsaft beziehen, ein besonderes Gewicht auf die Unterscheidung eines dünnflüssigen und eines schleimigen Antheils. Er betont, dass sich die verschiedenen Angaben über die Consistenz des Darmsaftes, der einmal dünnflüssig, das andere Mal nasenschleimähnlich zähe genannt werde, durch eine verschiedene Mischung beider Antheile erkläre. Dieselbe sei von Nebenumständen abhängig.

Masloff beobachtete bei seinem Hunde mit Vella'scher Fistel eine verschiedene Consistenz des Secretes je nach der Intensität des electrischen Reizes. Er fand dasselbe bei schwacher Reizung dickflüssig, bei starker dünnflüssig.

Dobroslawin giebt an, dass, wenn das isolirte Darmstück sich längere Zeit vor dem Versuche im leeren Zustande befunden hatte, der unter dem Einfluss der electrischen Reizung gesammelte Darmsaft nur eine sehr geringe Menge von der erwähnten schleimigen Masse enthielt. Wenn er dagegen vorher schon Darmsaft mittelst eines eingelegten Katheters gesammelt hatte, so konnte darauf auch der Katheter entfernt und einige Zeit Ruhe gelassen werden und immer noch zeigte sich dann, dass das mittelst der electrischen Reizung gewonnene Secret auffallend reich an zähen Schleimmassen war.

Was nun meine eigenen Beobachtungen anbetrifft, so hatte ich mich an unserem Hund I von der Richtigkeit der mit den

---

1) Fubini und Luzzati, Zur Physiologie des Darmes, Untersuchungen z. Naturlehre v. J. Moleschott, Bd. XIII, 1885, p. 378.

Untersuchungen von Thiry, Quincke, Dobroslawin und Masloff übereinstimmenden Angaben Gumilewski's, welche die mehr oder weniger reichliche Secretion eines dünnflüssigen mit schleimigen Flocken gemischten Darmsaftes beweisen, so oft überzeugen können, dass ich nicht wenig erstaunt war, als ich plötzlich bei dem Hunde II nach Einführung der Ballons keine irgendwie nennenswerthe Secretion von Darmsaft erhalten konnte. Es erschien mir dies um so auffallender, als ich, der grösseren Länge der Darmschlinge entsprechend, eine um so reichlichere Secretion erwartet hatte.

Versuche.

In der ersten Zeit nach der Operation, als die äusseren Oeffnungen der Fisteln zur Verhütung eines drohenden Prolapses mit Arg. nitr. stark geätzt wurden, tropften nach Einführung der Ballons am 5. Februar 1887 20—23 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme während einer Stunde 2 ccm, am 7. Februar 2,5 ccm, am 28. Februar, nachdem der Hund schon zu einer Reihe von Resorptionsversuchen gedient hatte, 1,8 ccm aus der Canüle; dann am 20. März eine Stunde nach der Fütterung incl. der entleerten Flocken 2,8 ccm, unfiltrirt enthielten dieselben 0,21 % Na_2CO_3. Am 21. März wurde vor dem Fressen kein Darmsaft erhalten, nach Fütterung mit 400 gr Fleisch in der ersten Stunde 0,8 ccm, zu Anfang der zweiten Stunde noch 0,8 ccm, dann hörte die Secretion auf. Am 22. März liess sich trotz wiederholter Einführung einer Federfahne kein Darmsaft gewinnen. Am 23. März blieb ein dünner 35 cm langer elastischer Katheter während einer halben Stunde im Darm liegen. Es erfolgte keine Secretion. Der Hund wurde noch eine halbe Stunde weiter beobachtet und jetzt wurde eine gallertige Masse etwa in der Grösse einer Kirsche nach aussen befördert, die, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, aus denselben Leucocyten und Darmepithelien ähnlichen Gebilden bestand, die, wie oben erwähnt, unter Anderen auch von Gumilewski beschrieben worden sind. Ein eben solcher glasiger Klumpen wurde am folgenden Tage entleert, als zum Zweck eines anderen Versuches die Gummiballons eingeführt wurden.

Eine ganz ähnliche Beobachtung machte Vella[1]). Ihm gelang es nicht aus der Fistel seines Hundes Darmsaft zu erhalten. „Es ist ihm nicht recht einleuchtend“, wie Thiry von einer Flächenausdehnung von blos 30 Quadratcentimeter der Darmschleimhaut 4 gr Darmsaft in der Stunde erhalten konnte. Erst nach vielen Versuchen fand er ein sehr einfaches Mittel den Darmsaft zu gewin-

1) L. Vella, Neues Verfahren zur Gewinnung reinen Darmsaftes und Feststellung seiner physiologischen Eigenschaften. Untersuchungen z. Naturlehre von S. Moleschott, Bd. XIII, 1882, p. 40.

nen, nämlich — Pilocarpin. Dann erhielt er freilich binnen 35 Minuten 14 ccm. und ungefähr innerhalb einer Stunde noch weitere 18ccm.

Im Gegensatz hierzu zeigte wiederum das Darmsecret von Hund III in Bezug auf Beschaffenheit und Menge ein Verhalten, welches dem von Hund I sehr ähnlich war.

Am 5. Juli 1887 d. h. am 15. Tage nach der Operation wurden zum ersten Male die Ballons in die Darmschlinge eingelegt. Es wurde secernirt: in 1. Stunde 2 ccm einer sehr wenig trüben, farblosen Flüssigkeit.

Am 22. Juli in den ersten drei Viertelstunden 17 Tropfen, in den folgenden 40 Minuten 2,1 ccm einer nur wenig trüben Flüssigkeit, welche keine gröberen schleimigen Massen, aber wie die mikroskopische Untersuchung lehrte, viel Epithelzellen enthielt. Alcalescenz entsprach 0,55 % Na_2CO_3.

Am 24. Juli in der ersten Stunde keine Secretion, in der zweiten 2,4 ccm einer trüben wässrigen Flüssigkeit. Sie enthielt 0,57 % Na_2CO_3.

Wir haben also bei Hund II nach Einlegung der Ballons entweder gar keine Secretion oder besonders nach starken mechanischen Reizungen die Absonderung einer dicken schleimigen Masse in geringer Menge.

Bei Hund III unmittelbar nach der Einlegung der Ballons gar keine oder nur eine geringe Secretion, die allmählich an Stärke zunimmt. Das Secret ist eine wenig trübe farblose Flüssigkeit und enthält nur eine geringe Menge Flocken.

Bei Hund I ist, wie sich aus den Tabellen Gumilewski's und den weiter unter mitgetheilten Versuchen ergiebt, die Secretion stets schon in den ersten Stunden nach Einlegung der Ballons eine bedeutende. Sie kann in der zweiten Stunde dieselbe bleiben, sie kann noch stärker werden oder auch abnehmen. Immer aber ist sie, wenn man die geringe Länge der Darmschlinge in Betracht zieht, grösser als bei Hund III.

Ehe wir uns mit der Frage beschäftigen, worauf diese Verschiedenheiten der Secretion beruhen, wollen wir versuchen uns über die Stärke der Sekretion, wie sie in dem Experimentirdarm unserer Hunde besteht, noch in anderer Weise Aufklärung zu verschaffen.

Die Methode durch mechanische Reizung in der einen oder anderen Form das Secret der Darmschleimhaut zu gewinnen und daraus auf Menge und Beschaffenheit der Darmsecretion einen Schluss zu machen, können wir als eine den normalen Verhältnissen zu wenig entsprechende nicht als besonders geeignet bezeichnen. Der geringe mechanische Reiz, welchen in der Norm der Darm-

inhalt auf die Oberfläche des Darmes dadurch ausübt, dass er denselben ausdehnt und in breiter Fläche berührt, sowie der geringe chemische Reiz, welcher durch den Darmsaft und die Nahrungsstoffe selbst bewirkt wird, ist nicht zu vergleichen mit der irritirenden Wirkung, welche das Hin- und Herführen von Schwämmchen, die Einführung einer Federfahne oder eines elastischen Katheters, das Einführen von mit Wasser aufgespritzten Gummiballons, die nur an den Eingangspforten des Darmes liegen bleiben, zur Folge hat. Bedingungen, die den normalen ähnlicher sind, erhält man, wenn man in den Experimentirdarm eine nicht zu grosse Menge einer indifferenten Flüssigkeit einführt. Wir wissen aus den Versuchen Gumilewski's, dass in diesem Falle eine Secretion der Darmwand eintritt, erkennbar an der alkalischen Reaction, welche die in den Darm eingefüllte Flüssigkeit annimmt. Lassen wir nach einer bestimmten Zeit, z. B. einer Stunde, die Flüssigkeit aus dem Darm heraus und bestimmen durch Titriren mit Zehntelnormalschwefelsäure den Grad der Alcalescenz, so giebt uns dieselbe einen gewissen Anhalt zur Beurtheilung der Stärke der Secretion.

Auf der nebenstehenden Tabelle sind von Hund II und III sämmtliche überhaupt gemachten Alcalescenzbestimmungen mitgetheilt, von Hund I dagegen aus den Tabellen Gumilewski's und den später anzuführenden nur eine Anzahl herausgegriffen.

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Secretion von kohlensaurem Natrium bei Hund II um vieles geringer ist als bei Hund I und III, obgleich das Darmstück bedeutend länger ist, als bei Hund I.

Bei Hund I ist fast während eines Jahres die Secretion unter verschiedenen Bedingungen eine ziemlich gleichmässig hohe. Bei Hund III zeigt dieselbe sehr grosse Schwankungen. Die niedrigsten Werthe liegen vorwiegend in der ersten Zeit der Versuche, später (18. 20. 21. 26. Juli) finden wir Werthe, welche entsprechend der Länge der Darmschlinge grösser sind als bei Hund I.

Worauf beruht aber die Verschiedenheit von Hund II gegenüber Hund I und III?

Aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, könnte man daran denken, dass in der Darmschlinge von Hund II kohlensaures Natrium zwar in derselben Menge abgesondert würde, wie in der von Hund I und III, aber in Folge eines stärkeren Resorptionsvermögens in grösserer Menge wieder verschwände.

Tabelle I.

Hund II.			Hund I.			Hund III.		
Datum.	In den Darm eingefüllt.	Na_2CO_3 im Ausgefloss. gr.	Datum.	In den Darm eingefüllt.	Na_2CO_3 im Ausgefloss. gr.	Datum.	In den Darm eingefüllt.	Na_2CO im Ausgefloss. gr.
1887			1886					
8. März	75 ccm 0,25 % ClNa	0,0196	8.April[1]	34 ccm 0,25 % ClNa	0,0608	19. Juli	50 ccm 0,6 % ClNa	0,0196
9. „	75 „ „ „ „	0,0227	27. „	24 „ „ „ „	0,0449	20. „	50 „ „ „ „	0,1097
11. „	50 „ 0,5 „ „	0,0070	30. „	34 „ „ „ „	0,0681		50 „ 2 „ Traubenz.	0,0901
	50 „ „ „ „	0,0053	26.Febr.[2]	28 „ 0,5 „ „	0,0739	21. „	50 „ „ „ „	0,1287
10. „	50 „ 1,0 „ „	0,0233	15. März	30 „ „ „ „	0,0823	10. „	50 „ 5 „ „	0,0170
12. „	50 „ 0,25 % Na_2SO_4		10. Mai	20 „ 1 „ „	0,0915	13. „	75 „ „ „ „	0,0874
	mit 1 % Traubenzucker	0,0037	10. Juli	28 „ 5 % Traubenz.	0,0570	26. „	50 „ „ „ „	0,1399
	75 ccm ebenso	0,0068	15. Dez.	20 „ 2 „ Pepton	0,0559	18. „	50 „ „ „ Rohrzucker	0,1314
14. „	75 „ 0,5 % Na_2SO_4 mit		1887			12. „	50 , „ „ Pepton	0,0371
	1 % Traubenzucker	0,0169	26. Jan.	20 „ 2 „ „	0,0625	11. „	60 „ 1 „ Stärke	0,0821
16. „	75 ccm 1 % Na_2SO_4 mit		31. „	20 „ 2 „ „	0,0710			
	1 % Traubenzucker	0,0185						
17. „	75 ccm 5 % Traubenzucker	0,0280						
18. „	75 „ 5 „ Pepton	0,0403						
19. „	75 „ 5 „ Rohrzucker	0,0233						

1) S. Tabelle Va bei Gumilewski.

2) S. Tabelle IV bei Gumilewski.

Diese Annahme scheint mir durchaus unbegründet. Die Menge kohlensauren Natriums, welche wir im Darme finden, ist von dem Resorptionsvermögen im Wesentlichen unabhängig.

Auf Tab. V (s. u. S. 438) finden wir, dass die Secretion von kohlensaurem Natrium zu einer Zeit (20.—23. October) erheblich geringer geworden ist als früher, während das Resorptionsvermögen, wenn man dasselbe nach der Resorption von Traubenzucker beurtheilen darf, das gleiche ist.

Wir werden auch weiter unten sehen, dass das Resorptionsvermögen z. B. für Traubenzucker und Pepton bei Hund III und II nicht sehr verschieden ist, während letzterer nur kleine, ersterer sehr grosse Mengen kohlensaures Natrium secernirt (siehe besonders auch die unten angeführten Versuche 2 u. 3).

Ein anderer Punkt verdient noch berücksichtigt zu werden, das Verhältniss der eingeführten Flüssigkeitsmengen zur Capacität der Darmschlinge. Es wäre ja möglich, dass die Ausdehnung der Schlinge an sich als ein Reiz für die Secretion wirkte, dass die Secretion bis zu einem gewissen Grade mit der Ausdehnung der Darmschlinge stiege. Dass aber auch dies nicht der Grund des verschiedenen Verhaltens von Hund II gegenüber Hund I und III sein kann, beweisen folgende Versuche.

Versuch 1. Am 6. März 1887 wurden bei Hund II 200 ccm einer 5% Traubenzuckerlösung unter einem Druck von 40—50 mm Hg in offene Communication mit dem Experimentirdarm gesetzt. Innerhalb einer halben Stunde flossen allmählich 180 ccm in den Darm. Unter dem Einfluss der sich offenbar mit der excessiven Ausdehnung des Darmes entwickelnden Schmerzen wurde der Hund zuerst unruhig, schliesslich vollkommen unbändig, so dass die Flüssigkeit aus dem Experimentirdarm herausgelassen werden musste. Es flossen 170 ccm aus. 1,71 gr Traubenzucker waren resorbirt worden. Die Flüssigkeit enthielt 0,0270 gr Na_2CO_3.

Versuch 2. Bei demselben Hunde wurden 200 ccm 5% Traubenzucker bei geringem Ueberdruck während zweier Stunden in offene Communication mit der Darmschlinge gesetzt. Am Ende der zweiten Stunde flossen 137 ccm aus. 3,76 gr Traubenzucker waren resorbirt worden. Die Flüssigkeit enthielt 0,0543 gr Na_2CO_3.

Versuch 3. Bei Hund III wurden am 17. Juli 100 ccm 5% Traubenzucker während zweier Stunden bei mässigem Ueberdruck (der Cylinder, aus welchem die Flüssigkeit einfloss, stand etwa 30 cm über dem Niveau des Darmes) in offene Communication mit dem Experimentirdarm gesetzt. Es flossen am Ende der zweiten Stunde 67 ccm aus, welche sich bis auf wenige

Cubikcentimeter im Darme selbst befunden hatten. 3,78 gr Traubenzucker waren resorbirt worden. Die Flüssigkeit enthielt 0,20 gr kohlensaures Natrium.

Obgleich also in Versuch 1 eine maximale Ausdehnung erfolgte, in Versuch 2 und 3 die Bedingungen für die Ausdehnung die gleichen waren, wurden bei Hund II 0,0543 gr, bei Hund III 0,120 gr kohlensaures Natrium secernirt. Dabei ist zu bemerken: 1) dass die Resorption von Traubenzucker in beiden Fällen die gleiche war, 2) dass sich trotz der grösseren Länge die Darmschlinge bei Hund III viel weniger ausdehnte.

Man könnte endlich daran denken, dass die Stärke der Secretion bei Hund I und III eine pathologische[1]) sei, vielleicht erst die Folge der wiederholten mit den Versuchen verbundenen Reizungen. Dafür könnte sprechen, dass bei Hund I zur Zeit, wo keine Versuche angestellt wurden, die Serection geringer ward und dass sie bei Hund III ein eigenthümliches Verhalten zeigte, indem sie anfangs bedeutenden Schankungen unterlag und sich erst allmählich auf hohe Werthe einstellte. Ich will gerne zugeben, dass wir es mit einer sich allmählich ausbildenden, durch die Art der Versuche bedingten maximalen Secretion zu thun haben. Diese Secretion ist aber an sich nichts pathologisches.

Ich möchte hier dieselben Argumente anführen, welche Thiry zum Beweise dafür dienen, dass der nach seiner Methode gewonnene Darmsaft das normale Product der Dünndarmdrüsen sei: „Der Umstand, dass die Secretion der Drüsen des isolirten Darmstückes keine continuirliche war, sondern durch bestimmte Reize jederzeit hervorgerufen werden konnte, macht dies schon sehr wahrscheinlich. Nie konnte ich u. A. bei der mikroskopischen Untersuchung der Schleimhaut und besonders der Lieberkühnschen Drüsen des isolirten Stückes, indem ich das letztere jedesmal einer sorgfältigen Vergleichung mit dem übrigen Darme unterzog, irgend etwas Abnormes bemerken und dieses war sowohl wenige Wochen als mehrere Monate nach der Operation zu constatiren. Nicht minder dürfte in das Gewicht fallen, dass, wie gezeigt wurde, der zu verschiedenen Zeiten gewonnene Darmsaft eine nahezu constante Zusammensetzung hatte."

Was den letzten Punkt betrifft, so wird die Constanz des Darmsaftes am schönsten illustrirt durch das ganz wunderbare Gleichbleiben im procentischen Gehalt an kohlensaurem Natrium.

1) Vgl. Schiff, C. f. med. Wiss. 1868, p. 357.

Der im October 1885 operirte Hund I secernirte trotz der ausserordentlich grossen Anzahl von Resorptionsversuchen, die er über sich hatte ergehen lassen müssen, noch im März 1887 pro Stunde etwa dieselbe Menge Darmsaft mit demselben Gehalt an kohlensaurem Natrium, welchen er im Januar 1886 secernirt hatte.

Es besteht also ein nicht von Nebenumständen abhängiger Unterschied in der Secretion des Experimentirdarmes von Hund II einer- und Hund I und III andererseits.

Da die Darmschlinge bei Hund II dem oberen, bei Hund I und III dem unteren Theil des Dünndarms entnommen ist, ergiebt sich als Schluss, dass die Secretion von Darmsaft d. h. die Secretion einer durch kohlensaures Natrium alkalisch reagirenden, wässrigen Flüssigkeit im oberen Theile des Dünndarms erheblich geringer ist als im unteren.

Diese Verschiedenheit in der Secretion ist zugleich die Ursache für die verschiedene Consistenz, welche der „Darmsaft" in verschiedenen Abschnitten des Dünndarms zeigt.

Mit Recht macht Dobroslawin, wie wir oben citirt haben, darauf aufmerksam, dass die äussere Beschaffenheit des Darmsaftes durch das wechselnde Verhältniss zweier neben einander vorkommender Antheile bedingt sei: der schleimigen Massen und der wässrigen Flüssigkeit. Er meint, dass das Verhältniss beider nur von zufälligen Bedingungen abhängig sei. In Wirklichkeit ist aber dieses Verhältniss kein zufälliges.

Die sogenannten schleimigen Massen, welche sich nach der Einwirkung irgend eines Reizes im Darmsecret finden, bestehen der mikroskopischen Untersuchung zu Folge aus zelligen Elementen, mehr oder weniger veränderten Darmepithelien und Leucocyten ähnlichen Gebilden (letztere zum Theil vielleicht aus den Lieberkühn'schen Drüsen herstammend), welche in dem alkalischen Secrete der Lieberkühn'schen Drüsen gequollen sind.

Neben diesen exquisit gallertigen Massen findet man, besonders wenn man den Darminhalt nach einer Versuchspause untersucht, gelbe, schmierige, zuweilen auch bröcklige Massen, welche mehr oder weniger reichlich Fett enthalten, das sich durch fettige Degeneration aus den abgestossenen Zellen gebildet hat.

Ich glaube nun weiter beobachtet zu haben, dass die Menge jener zelligen Elemente bei Hund II absolut grösser war als bei

Hund I und III. . Aber selbst wenn auch dies nicht der Fall wäre, so würde sich die schleimige Consistenz, welche das Darmsecret von Hund II gegenüber dem von Hund I und III zeigt, dadurch erklären, dass in der geringen Menge alkalischer Flüssigkeit, welche Hund II secernirte, die zelligen Elemente nur unvollkommen quollen, während sie bei Hund I und III sich theilweise lösten, theilweise in der Flüssigkeit suspendirt blieben und dieselben trübten, theilweise in kleineren oder grösseren Flocken zusammengeballt als gequollene Massen in der Flüssigkeit schwammen.

Unter Berücksichtigung des Ortes im Dünndarm, dem die Experimentirdärme von Hund II, I und III entstammen, ergäbe sich also folgendes:

Von der Oberfläche des Darmes werden zellige Elemente abgestossen, und zwar im oberen Theile des Dünndarmes vielleicht in höherem Maasse als im unteren, neben diesen wird im oberen Theile des Darmes eine geringere, im unteren Theile des Darmes eine grössere Menge einer alkalischen Flüssigkeit abgesondert. Im oberen Theile des Dünndarms quellen die zelligen Massen in der geringen Menge des Secretes nur unvollkommen, daher die gallertige, schleimige Consistenz, während im unteren Theile des Dünndarms das Gesammtsecret der Darmschleimhaut in Folge Ueberwiegen des flüssigen Antheils den Charakter einer trüben, wässrigen, mit gallertigen Flocken gemischten Flüssigkeit hat.

Mit diesen Beobachtungen lassen sich die bisherigen, untereinander widersprechenden Angaben über die Beschaffenheit des Darmsaftes leicht in Einklang bringen.

Die Fistel von Busch's Patientin lag im oberen Theil des Dünndarms: „das Secret war nicht flüssig, sondern dickflüssig und zusammenhängend wie das Secret der Nasenschleimhaut.“ Auf eine Schlinge aus dem oberen Theil des Dünndarms bezieht sich vermuthlich die Angabe von Frerich's, dass der Darmsaft eine glasartig durchsichtige, farblose Masse von stark alkalischer Reaction sei.

Dieselbe Beschaffenheit hatte das Secret von unserem Hund II, dessen Darmschlinge 117 cm von Pylorus und 150 cm von Coecum entfernt war. Die Darmschlinge von Thiry, Quincke, Masloff, Luzzatti und Fubini, aus denen erhebliche Mengen eines wässrigen Secretes erhalten wurden, entstammten vermuthlich,

die von Gumilewski's Hund I sicher aus dem unteren Theile des Dünndarms, ebenso die von unserem Hunde III.

In den Versuchen von Dobroslawin, in denen der Darmsaft aus „einem dünnflüssigen und schleimigen Antheil bestand", lag die Narbe der vereinigten Enden des Dünndarms beim Hunde Nr. 2 127 cm vom Pylorus und 78,5 cm vom Coecum, beim Hunde No. 1 106 cm vom Pylorus und 45 cm vom Coecum entfernt.

II. Ueber die diastatische Wirkung des Darmsaftes und die Resorption von Stärkekleister.

a) Besitzt der Darmsaft die Fähigkeit Stärke zu saccharificiren?

Mit Rücksicht auf diese Frage haben wir hier zunächst diejenigen Versuche früherer Autoren in Betracht zu ziehen, bei denen der in der einen oder anderen Weise gewonnene Darmsaft ausserhalb des Organismus mit gekochter Stärke zusammengebracht wurde.

Bidder und Schmidt: Reiner Darmsaft machte in 10 Minuten dicken Stärkekleister dünnflüssig. Kupfertartrat lieferte einen starken rothen Niederschlag, nach spätestens 30 Minuten war gar kein Amylum mehr nachzuweisen. Nach 5—6 Stunden war aller Zucker bereits in Milchsäure umgewandelt und die Flüssigkeit reagirte stark sauer. In dem Vermögen die Umwandlung des Amylums in Zucker zu bewirken, steht also das reine Secret der Darmwand dem Speichel des Menschen, ja selbst dem pankreatischen Saft kaum nach.

Gumilewski: Digerirt man Darmsaft mit Stärkekleister im Wasserbade eine halbe Stunde hindurch in einem Reagensgläschen bei 38° C., so findet man durch die Trommer'sche Probe viel Zucker, was die stark diastatische Fähigkeit des Darmsaftes beweist.

Masloff: Die Proben mit Stärke gaben meistens nach 30 Minuten bis einer Stunde constant Zucker. Noch unsicherer sind die Angaben von Quincke. Dobroslawin konnte bei Anwendung des Darmsaftes aus den Fisteln seiner beiden Hunde stets nach 2 Stunden (!) bei einer Temperatur von 35—40° C. deutlich Zucker im Stärkekleister nachweisen.

Frerichs: Die Umwandlung der Stärke in Zucker war unter dem Einfluss von Darmsaft in 12 Stunden ziemlich weit vorgeschritten. Bei Wiederholung der Versuche blieb indess der Erfolg nicht immer derselbe, die Wirkung war bald stärker, bald schwächer; im Allgemeinen aber in keinem Fall so bedeutend wie bei der Anwendung von pankreatischem Saft oder Speichel. Wurde die Digestion längere Zeit fortgesetzt, so bildete sich Milchsäure.

Thiry: Der von mir untersuchte reine Darmsaft verwandelte nie Stärkemehl in Zucker, ebenso Leube[1]).

K. B. Lehmann: Ich muss bekennen, dass es uns trotz zahlreicher, vielfach modificirter Experimente nicht gelungen ist, irgend eine der bekannten Fermentwirkungen mit dem Darmsafte zu erhalten.

Diese verschiedenen Annahmen[2]) erklären sich dadurch, dass zu den Untersuchungen Secret aus verschiedenen Abschnitten des Dünndarms verwendet wurde.

Den Beweis hierfür liefern folgende Beobachtungen:

Der nach Einlegung der Ballons von unserem Hunde II, also demjenigen, dessen Experimentirdarm dem oberen Theil des Jejunum entstammte, gewonnene Darmsaft wirkte sehr energisch saccharificirend. So gab z. B. 1 cm des am 5. Februar (11 Tage nach der Operation) erhaltenen Darmsecretes nach Zusatz von etwas Thymol mit Stärkekleister schon nach 7 Minuten beim Kochen mit Natronlauge und Kupfersulfat eine reichliche Ausscheidung von Kupferoxydul.

Hund I und III zeigten dagegen ein ganz anderes Verhalten.

Bei Hund I wirkt am 7. August der Darmsaft innerhalb von drei Viertelstunden absolut nicht saccharificirend[3]). Aus diesem wiederholt mit demselben Erfolge angestellten Versuche wurde zunächst geschlossen, dass ein diastatisches Ferment überhaupt nicht mehr vorhanden sei. Als dann aber die weiter unten mitzutheilenden Resorptionsversuche bewiesen, dass Stärke wenn auch nur in absolut geringen Mengen so doch unzweifelhaft resorbirt wurde, so wurden diese Versuche wiederholt, nur mit der Vorsicht, dass wenige Tropfen eines einprocentigen Stärkekleisters im Wasserbade bei 35—40° C. mit relativ viel Darmsaft, am 7. Dezember z. B. mit 4 ccm digerirt wurden. Nach $1/2$ Stunde trat beim Erwärmen mit Natronlauge und Kupfersulfat keine, nach anderthalb Stunden schwache aber deutliche Ausscheidung von Kupferoxydul ein, nach 4 Stunden färbte sich die Flüssigkeit mit Jod noch rothviolett.

---

1) Ueber Verdauungsproducte des Dünndarmsaftes, C. f. med. Wiss. 1868, p. 289.

2) Vgl. auch Schiff, Nuove ricerche sul potere digerente del succo enterico, C. f. med. med. Wiss. 1868, p. 357.

3) Gumilewski giebt nicht an, auf welchen von seinen beiden Hunden sich die oben citirte Angabe über die saccharificirende Wirkung des Darmsaftes bezieht, ich muss daher annehmen, auf seinen Hund II.

1 ccm des Darmsaftes von Hund III gab am 5. Juli, dem Tage, an welchem bei diesem Hunde zum ersten Male die Ballons eingelegt wurden, mit 1,5 cm eines dünnen Stärkekleisters weder nach 20, noch nach 40 Minuten auch nur eine Spur von Zuckerreation.

Am 24. Juli ergab die ganze, während zweier Stunden aufgefangene Secretmenge mit wenig Stärkekleister versetzt nach 15 Minuten eine nur ganz minimale Zuckerreation, mit Jod färbte sich die Flüssigkeit noch nach 30 Minuten rein blau. Das Secret war durch Glaswolle filtrit worden. Die abfiltrirten Flocken wirkten nicht saccharificirend. —

Eine Reihe von Autoren haben sich von der diastatischen Wirkung in der Weise zu überzeugen gesucht, dass sie Stärke in unterbundene Darmschlingen oder in Vella'sche Fisteln einfüllten und nach einiger Zeit die wieder herausgenommenen Massen auf Zucker untersuchten. Auch hier finden wir widersprechende Urtheile.

Funke konnte nie eine merkliche Zuckerbildung aus dem in die Darmschlingen von Kaninchen injicirten Stärkemehl finden.

Bidder und Schmidt: Durch zwei Ligaturen, die 2—3" von einander entfernt waren, wurde bei Katzen das mit Amylum erfüllte Darmstück abgegrenzt, nach drei Stunden zeigte sich der dicke Stärkekleister in eine leichtflüssige Masse verwandelt, in der durch Jod nur eine schwach bläuliche Färbung bewirkt, mit der Trommer'schen Probe aber ein reicher Zuckergehalt nachgewiesen werden konnte.

Busch brachte getrockneten Stärkekleister in Tüllbeuteln in den Dünndarm seiner Patientin und liess denselben dort eine Zeit lang verweilen. Wurde derselbe dann mit Wasser abgespült, so reducirte dieses Wasser Kupferoxyd.

Masloff injicirte mehrere Mal 10 gr dünnen Stärkekleister in die Fistel seines Hundes, hielt dieselbe mit dem Finger zu und fand in der nach 10 Minuten herausgelassenen Flüssigkeit Zucker. Einige Male sah er schon nach 4 Minuten Zucker im Kleister aus der Fistel treten.

Dobroslawin führte in die Darmschlinge 10 ccm eines dünnflüssigen Kleisters. Schon nach einer Viertelstunde war die grösste Menge der Flüssigkeit verschwunden. Wurde hierauf der Darm mit ein wenig destillirtem Wasser ausgespritzt, so konnte man in demselben, obwohl es Reste des eingespritzten Kleisters beigemischt enthielt, doch nicht einmal Spuren von Zucker nachweisen.

Dobroslawin führte ferner ein zusammenhängendes Stück sehr dick gekochten Kleisters in einem Tüllsäckchen in den Darm ein. Zog er das-

selbe zwei Stunden nach der Einführung in die Fistel wieder zurück, so enthält es noch eine beträchtliche Menge Stärke, spülte er nun das Säckchen mit seinem Inhalt mit Wasser ab, so gelang es fast ebenso häufig, als es bei den Versuchen misslang, in dem Spülwasser ein positives Resultat mit der Trommer'schen Probe zu erhalten. Er schliesst aus diesen Versuchen, dass der Zucker, welcher im Darm gebildet wird, sehr rasch resorbirt wird, so dass es nicht immer gelingt, den gebildeten Zucker aus der Darmhöhle für die chemische Probe zu gewinnen.

Lannois und Lépine[1]) spritzten in zwei doppelt unterbundene, vorher mit warmer Chlornatriumlösung ausgespülte Darmschlingen von nüchternen Hunden, von denen die eine dem oberen Theile des Jejunums, die andere dem unteren Theile des Ileums angehörte, in der Narcose etwa 10 ccm eines Stärkekleisters. Nach 45 Minuten finden sich in der oberen Schlinge 14 ccm einer Flüssigkeit, welche kein Amylum mehr enthält, aber bemerkbare Mengen von Zucker, in der unteren finden sich 6 ccm Flüssigkeit, welche Amylum enthält, aber keinen Zucker.

Meine diesbezüglichen Beobachtungen sind folgende:

Bei Hund II, dessen Darmsaft, wie wir gesehen haben, sich als stark diastatisch erwiesen hatte, wurde die eine Stunde nach Einfüllung von 50 ccm einprocentigen Stärkekleisters aus der Fistel herausgelassene Flüssigkeit zur Zerstörung des diastatischen Fermentes sofort mit Salzsäure versetzt, mit Phosphorwolframsäure von Eiweiss befreit und das Filtrat mit überschüssiger Natronlauge und Kupfersulfat auf Zucker geprüft. Es erfolgte keine Reaction. Dasselbe Resultat ergaben Versuche bei Hund I und III.

Dies kann selbstverständlich nur beweisen, dass, wenn eine diastatische Wirkung vorhanden war, unter normalen Verhältnissen der Zucker in dem Maasse, als er sich aus der Stärke bildete, von der Darmwand resorbirt wurde. Keineswegs spricht dies, wie Funke aus seinen Versuchen schloss, für das Fehlen eines diastatischen Fermentes. Die Beobachtungen von Busch, Masloff und Dobroslawin, welche in der aus dem Darme wieder herausgelassenen Stärke enthaltenden Flüssigkeit Zucker fanden, erklären sich durch eine ausserhalb des Darmes fortdauernde Saccharification.

---

1) Lannois et R. Lépine, Sur la manière différente dont se comportent les parties supérieures et inférieures de l'intestin grêle au point de vue de l'absorption et de la transsudation. Archives de Physiologie, 1883. T. I. [3] p. 92.

Die Versuche von Bidder und Schmidt sowie die von Lannois und Lépine beweisen zwar ebenfalls, dass Stärke im Darm in Zucker umgewandelt wird, aber entweder ist in Folge der Versuchsanordnung die Resorption beeinträchtigt oder es hat sich auch bei ihnen der Zucker erst in der Zeit von der Entnahme des Stärkekleisters aus dem Darme bis zu seiner Untersuchung gebildet. Zu unseren Beobachtungen stimmt es, dass Lannois und Lépine in der oberen Darmschlinge Zucker fanden, in der unteren dagegen nicht. —

Der Unterschied in der diastatischen Wirkung zwischen Hund II einerseits und Hund I und III andererseits, also zwischen oberem und unterem Theile des Darmes zeigte sich am deutlichsten, wenn man Stärkekleister in die Darmschlingen einfüllte und die alsbald wieder herausgelassene Flüssigkeit unter Zusatz von Thymol einige Zeit digerirte.

Bei Hund II erfolgte sehr schnell vollkommene Saccharification ganz erheblicher Mengen von Stärke, bei Hund I und III bildeten sich dagegen selbst im Verlaufe von Stunden nur Spuren von Zucker.

Bei Hund II war die Saccharification, welche man in dem Stärkekleister durch kurz vorübergehendes Einfüllen in den Darm erhielt, eine ungleich energischere, als wenn man den während einer Stunde gesammelten Darmsaft zum Stärkekleister setzte. Dass der eingefüllte Stärkekleister auf der Darmwand angehäuftes Ferment gewissermaassen nur heruntergespült habe, halte ich nicht für wahrscheinlich. Warum hätte dies die alkalische Darmflüssigkeit in dem Maasse, als sie secernirt wurde, nicht auch gethan? Ich glaube vielmehr, dass das diastatische Ferment zunächst nicht in dem flüssigen Antheil des Darmsaftes enthalten ist, dass die Bildung des Fermentes und die Secretion der alkalischen Darmflüssigkeit zwei von einander unabhängige Processe sind, obgleich beide vermuthlich die Function desselben Organes, der Lieberkühn'schen Drüsen sind.

b) Ueber die Resorption von Stärkekleister im Dünndarm.

Untersuchungen über die Menge von Stärke, welche vom Darme resorbirt wird, liegen bisher noch nicht vor.

Ich verfuhr folgendermaassen:

In derselben Weise wie bei Gumilewski beschrieben ist, wurde die eine Oeffnung der Vella'schen Fistel durch einen mit Wasser aufgespritzten Gummiballon verschlossen. In der anderen befand sich eine nach Art des Pflüger-Wolfberg'schen Lungenkatheters construirte Canüle, durch welche ein bestimmtes Quantum der zu resorbirenden Flüssigkeit unter Ueberdruck aus einem graduirten Cylinder in den Darm hineingelassen wurde. Derselbe stand in einem mit etwa 40° C. warmem Wasser gefüllten Topfe.

Resorbirt wurde käufliche Kartoffelstärke, welche lufttrocken in einer kleinen Apothekerwaage auf Centigramme genau abgewogen, mit etwas Wasser verkleistert und zu einer ein- bez. zweiprocentigen Lösung aufgefüllt wurde.

Versuche an Hund II.

1. 23. Februar 1887.

In den Darm fliessen 20 ccm 1% Stärkekleister; nach einer Stunde fliesst **nichts** aus. Es werden darauf 50 ccm desselben Stärkekleisters eingefüllt und wieder eine Stunde in dem Darme gelassen; es fliessen nur wenige Cubikcentimeter einer mit vielen Flocken gemischten Flüssigkeit aus, welche sich mit Jod blau färbt, aber keinen Zucker enthält.

2. 26. Februar 1887.

Es fliessen in den Darm 50 ccm 2% Stärkekleister, neben der Canüle tropfen 10 ccm ab, alles übrige wird resorbirt.

3. 1. März 1887.

50 ccm 2% Stärkekleister werden in einer Stunde resorbirt.

In den Versuchen bei Hund I wurde die Stärke jedesmal im Eingefüllten und Ausgeflossenen, bei Hund II nur im Ausgeflossenen quantitativ bestimmt.

Methode[1]). 50 ccm des 1% igen Stärkekleisters wurden mit 5 ccm Salzsäure vom specifischen Gewicht 1,125 drei Stunden im strömenden Wasserdampfe (Koch'schem Sterilisationsapparate) erhitzt, nach dem Abkühlen mit Natronlauge bis zur schwach alkalischen Reaction versetzt, auf 100 ccm aufgefüllt und unter Anwendung von 25 ccm mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnter Knapp'schen Lösung (Endreaction mit alkalischer Zinnchlorürlösung) titrirt.

Die Flüssigkeit, welche nach einer Stunde aus der Fistel herausgelassen wurde, wurde gemessen, durch Gaze filtrirt und hierbei zum Auswaschen der auf dem Filter bleibenden gallertigen Massen das zum Abspritzen der untergehaltenen Schale gebrauchte Wasser verwendet. Die gesammte

1) Ueber die Stärkeformel u. üb. Stärkebestimmungen v. R. Sachse, Chem. Centralbl. 1877, p. 732.

Menge Flüssigkeit wurde unter Erhitzen mit Zehntelnormalschwefelsäure neutralisirt, eingeengt, mit 2 ccm Salzsäure drei Stunden im strömenden Wasserdampfe erhitzt, mit Natronlauge bis zur schwach alkalischen Reaction versetzt, auf ein bestimmtes Volumen aufgefüllt und unter Verwendung von 2 bezüglich 5 ccm mit 20 ccm Wasser verdünnter Knapp'scher Lösung, deren Wirkungswerth (unter Berücksichtigung der Concentration der Zuckerlösung) für reinen aus Methylalcohol umkrystallisirten und über Schwefelsäure getrockneten Traubenzucker vorher ermittelt worden war, titrirt.

Versuche an Hund III.

Tabelle II.

Hund III. Resorption von Stärke.

Datum. 1887.	Ein-gefl. ccm.	Aus-gefl. ccm.	Na_2CO_3 im Ausgeflossenen.	Stärke in aequiv. Mengen Traubenzucker: Ein-gefl.	Aus-gefl.	Resor-birt.	Bemerkungen.
6. Juli	30	13,5	—	0,258			Bei Berechnung der Stärke im Eingeflossenen wurde der sich aus dem Mittel der auf der folgenden Tabelle enthaltenen Bestimmungen ergebende Werth von 0,86 gr Traubenzucker für eine 1% Stärkelösung zu Grunde gelegt.
7. „	30	5,6	—	0,258	Spuren.		
8. „	50	20	—	0,430	0,14	0,290	
9. „	50	16	—	0,430	0,15	0,280	
11. „	60	35	0,0821	0,516	0,24	0,276	
16. „	50	17	0,0577	0,860	0,39	0,470	

Versuche an Hund I.

In diesen Versuchen wurde stets auch durch Titriren mit $^1/_{10}$ Normal-Schwefelsäure die Menge des secernirten Alkalis bestimmt und aus diesem nach dem Vorgange von Gumilewski die Menge des secernirten Darmsaftes berechnet.

Gumilewski macht auf Grund seiner Beobachtung, dass der Darmsaft nach alleiniger Einführung der Ballons von der Oberfläche des leeren Darmes unter den verschiedenen Bedingungen bei demselben Hunde die gleiche ist, die Hypothese, dass, auch wenn sich irgend eine Flüssigkeit in dem Darme befindet, und in diese hinein Alkali abgesondert wird, die Absonderung stets in derselben Weise wie beim leeren Darm geschieht, d. h. dass das Alkali stets zugleich mit derselben Menge Wasser zur Abscheidung gelangt.

Bei unserem Hund I enthielt der Darmsaft nach den Bestimmungen Gumilewski's und den noch weiter unten anzuführenden 0,44% Na_2CO_3. Diese sind äquivalent $\frac{49.0,44}{53}$ = 0,406 gr Schwefelsäure, enthalten in 0,812 ccm Normalschwefelsäurelösung. Daraus folgt, dass im vorliegenden Fall 1 ccm 1/10 Normalschwefelsäure 1,2 cm Darmsaft äquivalent sind.

Tabelle III.
Hund I. Resorption von Stärke.

Datum. 1886.	Ein-gefl.	Aus-gefl.	Darmsaft secernirt	Wasser resorbirt	Stärke in aequiv. Mengen Traubenzucker: Eingefl.	Resorbirt. gr	Resorbirt. % des Eingefl.
	ccm.		ccm.				
13. Dez. 1886.	20	17,5	11,82	14,32	0,176	0,083	47,1
	20	17,5	10,74	13,24	0,176	0,058	32,9
18. Dez.	20	14,5	11,88	17,38	0,170	0,088	51,8
	20	17,5	15,98	14,45	0,170	0,058	34,1
22. „	20	18,0	14,52	17,58	0,168	0,076	45,2
	20	17,5	13,92	16,42	0,168	0,060	35,7
13. Jan. 1887.	20	16,0	12,84	16,84	0,176	0,072	59,1
	20	16,5	12,72	16,22	0,176	0,077	56,8

In diesen Versuchen finden wir das grösste Resorptionsvermögen für Stärke bei Hund II, ein erheblich geringeres bei Hund III, das geringste bei Hund I. Hund II resorbirte in einer Stunde 1 gr Stärke (vielleicht hätte er noch mehr resorbirt, wenn mehr Stärke in den Darm eingefüllt worden wäre); Hund III in Maximo noch nicht ein halbes Gramm, Hund I nur 0,153 gr.

Dieses Verhalten der Resorption von Stärkekleister steht im Einklang mit dem verschiedenen Verhalten, welches, wie wir oben gesehen haben, das Saccharificationsvermögen der verschiedenen Darmschlingen zeigte. Entsprechend der stärkeren diastatischen Wirkung, welche die Darmschlinge von Hund II ausübt, wird in ihr auch mehr Stärke resorbirt, als in der von den beiden anderen Hunden. Der Unterschied in den resorbirten Mengen bei Hund III und I erklärt sich durch die verschiedene Länge der Darmschlingen, welche bei ersterem 30 cm, bei letzterem nur 11 cm betrug.

Es muss auffallen, dass bei Hund I und III überhaupt eine immerhin noch so grosse Menge Stärke resorbirt wurde, wenn wir in Betracht ziehen, dass das diastatische Vermögen, welches der Darmsaft an sich zeigte, sowie die Menge von Zucker, welche sich in dem vorübergehend in die Schlinge eingefüllten und dann ausserhalb derselben digerirten Kleister entwickelt, so ausserordentlich gering waren. Es scheint deshalb nicht unmöglich, dass im Darmkanal Stärkekleister auch ohne vorher saccharificirt zu werden, resorbirt werden kann.

Sehr verschieden sind in diesen Versuchen auch die Mengen von Wasser, welche nach einer Stunde aus der Darmschlinge wieder ausfliessen.

Bei Hund II verschwinden in einer Stunde 50 ccm vollkommen, aus der langen Darmschlinge bei Hund III von 50 ccm nur 14 bis 30 cm, bei Hund I von 20 ccm nur 2—4 cm.

Wenn wir die grössere Alkalescenz des Ausgeflossenen berücksichtigen und der Annahme von Gumilewski folgen, dass das Alkali stets mit einer entsprechend grossen Menge von Wasser abgesondert wird, so würden diese Beobachtungen für Hund I und III nicht sowohl der Beweis eines geringeren Resorptionsvermögens für Wasser als der Ausdruck der stärkeren Secretion sein.

Dieselbe Beobachtung werden wir später auch bei der Resorption von Rohrzucker, Traubenzucker und Pepton machen.

Als wesentliches Resultat dieses Abschnittes ist zu betrachten, dass im Dünndarm unter Mitwirkung eines diastatischen Fermentes mit grosser Leichtigkeit sehr ansehnliche Qantitäten von Stärke und zwar erheblich mehr im oberen Theile (Hund II) als im unteren (Hund I und III) resorbirt werden.

III. Ueber das Inversionsvermögen des Dünndarms und die Resorption von Rohzucker.

Auf die invertirenden Eigenschaften des aus Thiry'schen Fisteln gewonnenen Darmsaftes hat zuerst Cl. Bernard[1]) aufmerksam gemacht. „J'ai découvert qu'il possède une action inversive très puissante sur le sucre de canne.

1) Leçons sur le Diabète. Paris 1887, p. 259.

Unabhängig davon fand Vella, dass „durch den Darmsaft der Rohrzucker fast augenblicklich in Traubenzucker verwandelt wird.“

Auch Leube[1]) beobachtete, dass der Darmsaft im Stande ist, Rohrzucker in Traubenzucker umzuwandeln.

Diesen positiven Angaben stehen, ähnlich wie wir es beim diastatischen Fermente gesehen haben, negative gegenüber. Auch für sie liegt die Erklärung in dem verschiedenen Verhalten des oberen und des unteren Theils des Dünndarms.

Der Darmsaft von Hund II verlieh der Rohrzuckerlösung innerhalb von 7 Minuten ein geringes, nach einer halben Stunde ein starkes Reductionsvermögen für alkalische Kupferlösung. Die invertirende Wirkung war, soweit man dies nach der Menge des ausgeschiedenen Kupferoxyduls beurtheilen kann, geringer als die gleichzeitig vorhandenen diastatische. Es schien auch hier, als ob die Prüfung der aus der Fistel erhaltenen Darmflüssigkeit keinen Maassstab zur Beurtheilung der von der Darmschleimhaut ausgehenden Fermentwirkung giebt.

Bei Hund I liess sich keine Einwirkung des Darmsecrets auf Rohrzucker nachweisen. (Bei Hund III wurde nicht auf Anwesenheit eines invertirenden Fermentes geprüft.)

Der einzige, welcher durch eine quantitative Bestimmung zu ermitteln suchte, ob und in welchem Masse Rohrzucker vom Dünndarm resorbirt wird, ist W. Busch. Er brachte gemessene Mengen Rohrzuckerlösung in den Dünndarm seiner Patientin und verglich dieselbe mit der aus dem After entleerten. Aber Busch hat nur einen Versuch gemacht und auch dieser war nicht einwandsfrei, da durch eine Magnesiaeinspritzung, welche zur vorherigen Reinigung des Darmes nothwendig war, dieser „noch etwas gereizt sein möchte.“ Ausserdem ist er für eine Resorption durch den Dünndarm nicht beweisend, da wir durch die Versuche von Voit und Bauer[2]), Eichhorst[3]) und anderen wissen, dass auch der Dickdarm resorbirt.

1) Ueber Verdauungsproducte des Dünndarms, C. f. med. Wiss. 1868, p. 289.

2) Voit und Bauer, Ueber die Aufsaugung im Dick- und Dünndarme, Z. f. Biologie, 1869, Bd. V.

3) H. Eichhorst, Ueber die Resorption der Albuminate im Dickdarm, Pflüger's Arch. Bd. IV.

Eine Vorstellung von dem Resorptionsvermögen des Dünndarms geben die folgenden Versuche.

Sie sind in ähnlicher Weise wie die Stärkeversuche angestellt.

Der Rohrzucker wurde in dem Eingeflossenen und dem Ausgeflossenen mit den entsprechenden Mengen Salzsäure nach Nicol[1]) invertirt, mit Natronlauge vorsichtig bis zur schwach alkalischen Reaction versetzt und mit Knapp'scher Lösung titrirt.

Versuche an Hund II.

Am 5. März 1887 wurden in einer Stunde 50 ccm einer 5% Rohrzuckerlösung vollkommen resorbirt.

Am 19. März fliessen in die Darmschlinge 75 ccm 5% Rohrzuckerlösung. 23 ccm fliessen nach einer Stunde aus. Diese enthalten 0,0233 gr Na_2CO_3 und 0,9 gr Zucker. Es sind also in 1 Stunde 2,8 gr Rohrzucker resorbirt worden.

Versuch an Hund III.

Am 18. Juli 1887 wurden 50 ccm einer 5% Rohrzuckerlösung in den Darm gefüllt. Es fliessen 35 ccm aus. Diese enthalten 0,131 gr Na_2CO_3 und 0,612 gr Zucker. In 1 Stunde sind also 1,89 gr Rohrzucker resorbirt worden.

(Versuche an Hund I s. Tabelle IV S. 435.)

Aus 20 ccm einer 0,55 und 1%igen Rohrzuckerlösung wird in einer Stunde aller Rohrzucker resorbirt. Die geringe Menge Rohrzucker, welche sich im Ausgeflossenen fand, rührt daher, dass das Rohr der Einflusskanüle gewissermaassen als ein todter Raum wirkte. Es blieb in demselben eine gewisse Menge der Lösung, welche ohne in Berührung mit der Darmwand getreten zu sein, am Ende der ersten Stunde wieder mit herausgelassen werden musste.

Aus einer 2%igen Lösung verschwindet dagegen nicht mehr aller Zucker. Innerhalb einer Stunde gelangen etwa 0,25 gr zur Resorption. Vielleicht wäre letztere bei Anwendung einer stärkeren Rohrzuckerlösung noch etwas grösser geworden. Ich fürchtete aber mir durch eine solche den Darm für andere Versuche untauglich zu machen.

Vergleichen wir das Resorptionsvermögen der drei Darmschlingen für Rohrzucker, so finden wir dasselbe am grössten bei Hund II: in einer Stunde werden 2,8 gr resorbirt, unter den gleichen Bedingungen bei Hund III 1,89 gr, bei Hund I noch erheblich weniger.

Es würde daraus folgen, dass auch die Resorption von Rohrzucker im oberen Theil des Dünndarms eine grössere ist als im unteren.

1) Carl Nicol, Beitrag zur Bestimmung des Rohrzuckers mittelst Fehling'scher Lösung, Z. f. analyt. Chem. Bd. 14.

Versuche an Hund I.

Tabelle IV.

Hund I. Resorption von Rokrzucker.

Datum.	Einge-flossen	Ausge-flossen	Darmsaft secernirt	Wasser resorbirt	Rohrzucker: Eingefl.	Rohrzucker: Ausgefl.	
	ccm.		ccm.		gr.	gr.	
12. Jan.	20	16,0	9,12	19,12	0,10	—	Rohrzuckerlösung 0,5 %.
	20	19,0	13,56	14,56	—	—	
19. „	20	18,5	8,22	9,72	—	0,032	
	20	22,5	12,48	19,95	—	0,068	
21. „	20	20,5	10,92	10,42	—	Spuren	
25. „	20	16,0	11,16	15,16	—	0,011	
	20	16,0	11,10	15,10	—	0,015	
8. Febr.	20	14,5	8,22	13,72	—	—	
	20	18,5	13,56	15,06	—	—	
14. Dez.	20	13,5	8,76	15,20	0,20	0,049	Rohrzuckerlösung 1 %.
	20	17,5	13,14	15,64	—	0,099	
27. Jan.	20	19,5	11,28	11,78	—	0,056	
	20	16,0	11,40	15,70	—	0,059	
27. Febr.	20	18,5	10,26	11,76	—	—	
	20	18,0	14,76	16,76	—	—	
29. Jan.	20	18,0	10,8	12,8	0,40	0,115	Rohrzuckerlösung 2 %.
	20	19,5	13,8	14,3	—	0,145	
1. Febr.	20	20,0	13,2	13,2	—	0,086	
	20	17,5	14,7	17,2	—	0,156	
3. „	20	14,0	10,2	16,2	—	0,091	
3. „	20	12,0	10,5	18,5	—	0,117	
5. „	20	17,5	11,5	14,0	—	0,112	
	20	12,0	10,0	18,0	—	0,110	

IV. Die Resorption von Traubenzuker.

Von der Anwesenheit eines alkalische Kupferlösung reducirenden Zuckers nach reichlicher Aufnahme von Rohrzucker hatte man sich überzeugt, man wusste, dass aus allen unseren amylumhaltigen Nahrungsmitteln Zucker im Darmkanal wenn nicht durch

den Darmsaft, so doch sicher durch das Secret der Pancreasdrüse entsteht, die Leichtigkeit denselben durch die Trommer'sche Probe nachzuweisen, die Möglichkeit ihn in einfacher Weise durch Titriren mit Fehling'scher Lösung oder nach der Methode von Fresenius durch Gährung quantitativ zu bestimmen, alles dies erklärt uns, warum gerade dieser Stoff es ist, dessen Resorption im Dünndarm etwas eingehender untersucht worden ist.

Zuerst brachte Funke bei Kaninchen Krümelzuckerlösungen von verschiedener Concentration in wechselnder Menge in unterbundene Darmschlingen von verschiedener, gemessener Länge und fand constant bereits nach 2 Stunden die Flüssigkeitsmenge in der Darmschlinge mehr weniger vermindert, von dem Zucker bis 96 % verschwunden.

Nach ihm wurden ganz analoge Versuche auf Lehmann's Veranlassung von v. Becker ebenfalls am Kaninchen ausgeführt. Er constatirte nicht nur, dass grosse Quantitäten von Traubenzucker resorbirt werden, sondern stellte auf Grund zahlreicher Beobachtungen gewisse Resorptionsgesetze auf. Wir wollen auf dieselben nicht näher eingehen, weil die Methode der Untersuchung nicht als einwandsfrei zu betrachten ist. v. Becker operirte nämlich erstens an Kaninchen, bei denen die betreffenden zu unterbindenden Darmschlingen vorher durch Ausstreichen vom Darminhalt befreit wurden, also ein Verfahren, bei welchem vor dem Resorptionsversuche ein mechanischer Insult auf den Darm ausgeübt wurde, zweitens verwendete er stets so concentrirte (3—12%) Zuckerlösungen, dass auch durch diese, besonders bei der relativ langen Dauer der Versuche, die Darmoberfläche in einen pathologischen Zustand versetzt werden musste.

Lannois und Lépine spritzten 10 ccm von 2—8% Glycoselösungen in die abgebundenen 10—15 cm langen Darmstücke von Hunden und bestimmten nach einer halben Stunde die noch vorhandenen Mengen durch Titriren mit Fehling'scher Lösung. Nach diesen Versuchen zeigt der Dünndarm in seinen verschiedenen Abschnitten ein verschiedenes Resorptionsvermögen für Traubenzucker; am besten wird derselbe im oberen Theil des Jejunums, weniger gut dagegen im Ileum und Duodenum (von letzterem vielleicht noch etwas schlechter als in ersterem) aufgenommen.

Zu den folgenden Versuchen diente chemisch reiner, wasserfreier, krystallisirter Traubenzucker. Titrirt wurde mit Knapp'scher Lösung, im übrigen war das ganze Verfahren dasselbe, wie es bei den Stärkeversuchen beschrieben worden ist.

Versuche an Hund II.

Am 2. März wurden 50 ccm einer 5% Traubenzuckerlösung, also 2,5 gr in einer Stunde vollkommen resorbirt.

Am 17. März wurden 75 ccm einer 5% Lösung in den Darm eingefüllt.

Es flossen 33,5 ccm aus. Dieselben enthielten 0,028 gr Na_2CO_3 und 1,05 gr Zucker; es wurden also in 1 Stunde 2,7 gr Traubenzucker resorbirt.

Am 3. März wurde der Experimentirdarm in offene Communication mit 200 ccm einer 5% Traubenzuckerlösung gesetzt. Die Flüssigkeit im Darm befand sich unter einem nur ganz geringen Ueberdruck. Nach zwei Stunden waren statt 200 ccm nur noch 137 ccm vorhanden und diese enthielten 0,019 gr Na_2CO_3 und 6,24 gr Traubenzucker. Es waren also in 2 Stunden 3,76 gr Traubenzucker resorbirt worden.

Versuche an Hund III.

Am 10. Juli wurden 50 ccm einer 5% Traubenzuckerlösung eingefüllt. Nach einer Stunde fliessen 13 ccm aus. Dieselben enthalten 0,017 gr Na_2CO_3 und 0,31 gr Traubenzucker. Es sind also 2,19 gr Traubenzucker in einer Stunde resorbirt worden.

Am 13. Juli wurden 64 ccm eingefüllt; mehr fliessen unter dem Druck von etwa 50 mm Hg nicht ein; nach einer halben Stunde wurden noch 11 ccm nachgefüllt. Am Ende der Stunde fliessen 55 ccm aus. Dieselben enthalten 0,087 gr Na_2CO_3 und 1,37 gr Traubenzucker. Es sind also in 1 Stunde 2,38 gr Traubenzucker resorbirt worden.

Am 17. Juli wurden 100 ccm einer 5% Traubenzuckerlösung bei mässigem Ueberdruck in offener Communication mit dem Darm gelassen. Nach zwei Stunden flossen 67 ccm, die sich bis auf wenige Cubikcentimeter in dem Darme selbst befanden, aus. Dieselben enthielten 0,120 gr Na_2CO_3 und 1,22 gr Traubenzucker. Es waren also während zwei Stunden 3,78 gr Traubenzucker resorbirt worden.

Versuche an Hund I.

Tabelle V.

Hund I. Resorption von Traubenzucker.

Datum[1]).	Eingeflossen	Darmsaft secernirt	Wasser resorbirt	Traubenzucker: Eingeflossen	Traubenzucker: Ausgeflossen	Traubenzuckerlösung.
	ccm.	ccm.		gr.		
23. Juli	32	15,6	24,6	0,080	Spuren	0,25%
	48	20,4	35,9	0,120	„	
	63	19,2	35,7	0,160	„	
24. „	25	15,6	18,6	0,062	„	
	53	18,1	36,6	0,132	„	
	65	21,4	40,4	0,162	„	

1) Die zwischen dem 17. Juli und 12. October 1886 liegenden Versuche wurden von Herrn cand. med. Schwersenski ausgeführt. Für die freundliche Ueberlassung derselben spreche ich Herrn Schwersenski hiermit meinen besten Dank aus.

Datum.	Eingeflossen ccm.	Darmsaft secernirt ccm.	Wasser resorbirt ccm.	Traubenzucker: Eingeflossen gr.	Traubenzucker: Ausgeflossen gr.	Traubenzuckerlösung.
15. Juli	24	11,8	10,8	0,120	0,018	0,5 %
	41	12,7	30,7	0,205	0,052	
	61	17,3	41,3	0,302	Spuren	
16. „	23	15,8	19,3	—	„	
20. „	23	14,9	16,9	—	„	
	40	17,7	33,7	—	„	
21. „	22	11,8	19,8	—	„	
	43	15,8	31,8	0,215	„	
27. „	24	11,52	17,52	0,240	0,014	1 %
	—	—	—	—	—	
	63	16,08	49,08	0,630	0,107	
29. „	22	15,12	20,12	0,220	0,017	
	39	14,88	29,88	0,390	0,021	
	46	14,40	37,40	0,460	0,031	
30. „	20	12,48	17,48	0,200	0,013	
	47	17,28	37,78	0,470	0,037	
2. Aug.	24	12,24	22,24	0,480	0,034	2 %
	44	17,76	35,76	0,880	0,090	
	66	17,14	47,14	1,230	0,454	
6. „	28	12,96	18,96	1,400	0,325	5 %
	56	22,56	20,56	2,800	1,041	
5. „	22	8,88	13,88	1,320	0,207	6 %
20. Octb.	20	11,28	13,28	1,000	0,307	5 %
	40	8,16	18,16	2,000	0,577	
22. „	—	—	—	—	—	
	40	7,56	14,56	2,00	0,308	
23. „	20	9,36	9,86	1,00	0,336	
	40	8,64	11,64	2,00	1,151	
28. Jan.	20	10,92	15,92	0,20	Spuren	1 %
	20	11,16	16,16	„	„	
2. Febr.	21	8,46	18,46	0,42	sehr wenig	2 %
	21	7,62	19,12	—	0,036	
4. „	20	8,34	17,80	0,40	0,030	
	20	9,24	18,74	—	0,036	
10. „	20	8,70	15,20	0,60	0,098	3 %
	20	10,08	17,58	—	0,136	

Bei **Hund I** wird der Traubenzucker aus einer 1 %igen Lösung in einer Stunde vollkommen resorbirt. Steigt dann der Procentgehalt am Zucker in der eingefüllten Lösung, so nehmen die Mengen des resorbirten Zuckers procentisch ab, die absoluten Mengen dagegen zunächst noch zu. Das Maximum wird, wie ein Vergleich der am 5. und 6. August in der ersten Stunde erhaltenen Zahlen ergiebt, bei einer 5—6 %igen Lösung erreicht. Die grösste Menge Zucker, welche in dieser Versuchsreihe zur Resorption gelangt, betrug 1,8 gr in einer Stunde.

Schon eine Concentration von 5 % Traubenzucker wirkt sehr bald störend auf die Darmfunction ein. Die Resorption ist am 23. October in der zweiten Stunde geringer als unter denselben Bedingungen am 20. und 22. October. Mit Rücksicht hierauf verboten sich weitere Versuche mit so hohen Concentrationen.

Es wurden also in einer Stunde aus einer 5 %igen Lösung von der Darmschlinge des Hundes II 2,7 gr, von der des Hundes III 2,38 gr, von der des Hundes I 1,8 gr Traubenzucker resorbirt.

Auffallend ist der geringe Unterschied im Resorptionsvermögen zwischen Hund II und III.

Die Darmschlinge von Hund III war erheblich länger; wäre auch ihre Oberfläche bedeutend grösser gewesen, so würden obengenannte Zahlen ein geringeres Resorptionsvermögen für den unteren Theil des Dünndarms beweisen. Diesen Schluss darf man aber deswegen nicht machen, weil die Flüssigkeitsvolumina, die unter den gleichen Bedingungen in die Darmschlingen einflossen, bei Hund III geringer waren als bei Hund II (vergl. oben S. 420 Versuche vom 6. März 1887 und 17. Juli und S. 437 Versuche vom 13. Juli). Es sei bei dieser Gelegenheit betont, dass die oben angegebenen Maasse für die Länge der Darmschlingen nur approximative sind. Die Contraction der Längsmusculatur machte eine genaue Messung unmöglich. Der Durchmesser des Darmrohres wurde gar nicht berücksichtigt. Weiteren Untersuchungen muss es vorbehalten bleiben, diese Lücke zu ergänzen, eine genauere Bestimmung der resorbirenden Oberfläche zu versuchen und sie in Beziehung zur Resorptionsgrösse zu setzen.

Ein Vergleich dieser Versuche mit denen bei Stärke und Rohrzucker scheinen jedoch darauf hinzudeuten, dass unter Berücksichtigung der resorbirenden Oberfläche das Resorptionsvermögen des Darmes für Traubenzucker, entgegen den Angaben von Lannois und Lépine, im unteren Theile zum mindesten nicht geringer ist als im oberen.

V. Resorption von Pepton.

Darüber, ob das Secret der Darmwand ein Ferment enthält, welches im Stande ist Eiweisskörper zu peptonisiren, habe ich keine Versuche angestellt. Dagegen verfolgte ich auch die Resorption von Peptonen bei unseren drei Hunden mit Vella'scher Fistel.

Bisher haben nur Funke[1]) und Lannois und Lépine sich mit demselben Gegenstande beschäftigt.

Funke fand, indem er durch Einwirkung von Magensaft aus Hühnereiweiss dargestelltes Pepton bei Kaninchen in Darmschlingen von bestimmter Länge injicirte und nach 2—4—6 Stunden durch Bestimmung des Trockenrückstandes die Menge des nicht resorbirten Peptons ermittelte, eine ähnliche Abhängigkeit der Resorption von Concentration der Peptonlösung, der Zeit und der Länge der Darmschlinge, wie sie v. Becker für den Traubenzucker ermittelt hatte.

Enthält nämlich die Lösung bei gleich grosser Länge der Darmschlinge und gleicher Versuchsdauer mehr Eiweisspepton, so wird auch mehr resorbirt. Wird dieselbe Flüssigkeitsmenge mit demselben Peptongehalt einer doppelt so grossen resorbirenden Oberfläche ausgesetzt, so wird nicht etwa die doppelte Quantität Pepton resorbirt, sondern nur äusserst wenig mehr als bei der einfachen Oberfläche. Die Resorption nimmt mit der Zeit sehr schnell an Intensität ab.

Es gilt aber auch von diesen Versuchen Funke's dasselbe, was oben von den v. Becker'schen gesagt wurde.

Lannois und Lépine beobachteten, dass auch Pepton im Jejunum besser resorbirt wird, als im unteren Theile des Ileums.

Diese Versuche sind aber deswegen unbrauchbar, weil Lannois und Lépine ebenso wie Funke die Mengen des resorbirten Peptons durch Bestimmung des Trockenrückstands in der in den Darm eingefüllten und nach einiger Zeit wieder herausgespülten Flüssigkeit zu ermitteln suchten. Hierbei vernachlässigten sie den Zuwachs an Trockensubstanz, den die im Darm befindliche Flüssigkeit durch Secretion von Seiten der Darmwand erhält und die, wie wir gesehen haben, im oberen Theil des Dünndarms erheblich geringer ist als im unteren.

Das Pepton, dessen ich mich zu den folgenden Versuchen bediente, war entweder albumosenfreies, von Dr. Grübler aus Leipzig bezogen, oder ein albumosenhaltiges von Gehe und Co. in Dresden; letzteres Präparat ergab beim Verdünnen mit Wasser stets einen Niederschlag, der abfiltrirt wurde.

---

1) Funke, Lehrbuch der Physiologie, 1863, Bd. 1, p. 357.

Das Pepton wurde durch Polarisation im Soleil-Ventzkeschen Apparate bestimmt. Derselbe hatte eine Skala, welche die Zuckerprocente angiebt.

Eine Lösung, welche in 100 ccm 5 gr lufttrockenes i. e. 4,14 gr bei 100° C. getrocknetes Grübler'sches Pepton enthielt, drehte im 2. Decimeterrohr —4,9 Skalentheile, im 1. Decimeterrohr —2,4 bis 2,5. 1 Skalentheil im 2. Decimeterrohr entsprach also einer 0,845%, im 1. Decimeterrohr einer 1,69% igen Peptonlösung.

Versuch an Hund II.

Am 18. März werden in den Darm 75 ccm einer Lösung gebracht, welche in 100 ccm 4,14 gr trockenes Grübler'sckes Pepton enthält, also 3,10 gr. Nach einer Stunde fliessen aus der Darmschlinge 23 ccm. Dieselben enthalten 0,040 gr Na_2CO_3 und 1,25 gr Pepton. Es sind also in einer Stunde 1,85 gr Pepton resorbirt worden.

Versuch an Hund III.

Am 12. Juli werden 50 ccm einer 5% lufttrockenes Pepton enthaltenden Lösung in den Darm gebracht. Es fliessen 6,5 ccm aus. Dieselben enthalten 0,037 gr Na_2CO_3. Die eingefüllte Flüssigkeit drehte im 1 dcm langen Rohr —2,3 Skalentheile. Das Ausgeflossene dreht, nachdem es neutralisirt, wieder auf 50 ccm aufgefüllt und filtrirt worden war, nur —0,6 Skalentheile. Es berechnet sich daraus, dass in einer Stunde 1,44 gr Pepton resorbirt worden waren.

Versuche an Hund I.

In den folgenden Versuchen wurden stets 20 ccm Peptonlösung in den Darm eingefüllt.

In der, wie immer, nach einer Stunde aus der Darmschlinge herausgelassenen Flüssigkeit wurde die Alcalescenz in üblicher Weise durch Titriren mit $^1/_{10}$ Normalschwefelsäure bestimmt, der hierbei entstehende Niederschlag abfiltrirt, gut ausgewaschen, das Filtrat eingedampft und wieder auf 20 ccm aufgefüllt Nach dem Filtriren wurde in ihm gerade so wie in der ursprünglichen Lösung die Drehung im Polarisationsapparate bestimmt. Die auf den Tabellen angegebene Drehung in Skalentheilen gestattet ohne weiteres einen Vergleich der im Eingeflossenen und Ausgeflossenen enthaltenen Peptonmenge. Die absoluten Werthe lassen sich daraus leicht berechnen.

Aus nebenstehender Tabelle ersehen wir, dass in der Darmschlinge von Hund I Pepton resorbirt wird, aber erheblich schlechter als Rohr- und Traubenzucker. Die Resorption ist schon bei einer 0,5% igen Lösung nicht vollkommen, sie erreicht ihr Maximum bei einer 2% igen.

Tabelle VI.
Hund I. Resorption von Pepton.

Datum.	Ein-gefl. ccm.	Aus-gefl. ccm.	Darmsaft secernirt ccm.	Wasser resorbirt ccm.	Drehung im 2. Decim.-Rohr des Soleil-V. Polarisationsapparates. Skalentheile.		Peptonlösung.
16. Dez.	21	18	13,08	16,08	−0,5	−0,3	0,5 %
	20	18	16,08	17,7	−0,5	−0,3 bis 4	
17. „	20	18	12,18	14,18	−0,5	−0,3	
	20	19,5	16,68	17,18		−0,3	
3. Jan.	20^{I}	19,5	12,66	13,16	−0,5 bis 6	−0,2	
	20^{I}	15,5	12,50	17,00		−0,2 „ 6	
7. „	20^{I}	13,0	11,16	18,16			
	20^{I}	18,5	13,08	14,58			
22. „	20^{I}	21,0	13,32	12,32			
	20^{I}	18,5	14,64	16,14			
14. „	20^{I}	19,0	12,36	13,36	−0,9	−0,4	1 %
	20^{I}	20,0	17,16	17,16		−0,6	
17. „	20^{I}	18,5	—	—	−1,0	−0,4	
	20^{I}	21,5	16,68	15,18		−0,6	
24. „	20^{I}	21,5	13,50	12,00			
	20^{I}	19,5	16,92	17,42			
15. Dez.	20	18,0	12,66	14,66	−1,7	−1,0	2 %
	20	20,0	21,66	21,66		−1,2	
26. Jan.	20^{I}	20,5	14,18	13,68			
	20^{I}	18,5	16,80	18,30			
31. „	20	21,0	16,08	15,08	−1,7	−0,8	
	20	19,5	18,60	19,10		−1,0	

Anm. I bedeutet Pepton von Grübler.

Ein ähnliches Verhalten zeigt Hund II. Eine Resorption von 1,8 gr Pepton (immerhin noch eine ganz ansehnliche Leistung des Darmes) steht gegenüber der von 2,7 gr Traubenzucker und 2,8 gr Rohrzucker. Ebenso bei Hund III 1,44 gr Pepton gegenüber 2,38 gr Traubenzucker und 1,89 gr Rohrzucker.

Vergleichen wir die Mengen Pepton, welche in dem Experimentirdarm der verschiedenen Hunde zur Resorption gelangen, so finden wir auch hier die grösste Resorption bei Hund II. Ob wir hieraus schliessen sollen, dass Pepton im oberen Theile des Dünndarms besser resorbirt wird als im unteren, wissen wir nicht. Die

Differenzen zwischen Hund II und III sind ähnlich wie beim Traubenzucker, sodass wir aus denselben Gründen wie dort weiteren Untersuchungen die Entscheidung überlassen müssen.

Um uns ein Bild von der Resorption im Dünndarm zu machen, betrachten wir die Maxima dessen, was in 1 Stunde bei den drei Hunden an Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker, Pepton aus dem Experimentirdarm durch Resorption verschwand.

	Stärke	Pepton	Rohrzucker	Traubenzucker
Hund II	1,00	1,77	1,80	2,70
Hund III	0,47	1,44	1,89	2,83
Hund I	0,15	0,13	0,25	1,78

Am schnellsten wird Traubenzucker und Rohrzucker, langsamer Pepton, am langsamsten Stärkekleister resorbirt.

Aus obigen Zahlen ergibt sich ferner, dass Stärke und Rohrzucker im oberen Theil des Dünndarms besser resorbirt werden als im unteren.

Es ist dies dadurch leicht erklärlich, dass bei der Resorption von Stärke und Rohrzucker das diastatische bez. invertirende Ferment eine wesentliche Rolle spielen, und diese sind im oberen Theil des Dünndarms in grösserer Menge vorhanden als im unteren.

Ob auch Traubenzucker und Pepton im oberen Theil des Dünndarms besser resorbirt werden als im unteren, wie Lannois und Lépine auf Grund ihrer nicht einwandsfreien Versuche behaupten, lässt sich unserer Ansicht nach bisher noch nicht mit Sicherheit beurtheilen.

VI. Einfluss von Stärke, Rohr- und Traubenzucker sowie Pepton auf die Secretion des Darmsaftes und die Resorption von Wasser.

Wir hatten gefunden, dass unter den gleichen Bedingungen in der Darmschlinge von Hund I und III in viel grösserer Menge eine alkalische Flüssigkeit abgesondert wurde als bei Hund I und daraus geschlossen, dass die Secretion einer wässerigen alkalischen Flüssigkeit im unteren Theil des Dünndarms eine bei weitem grössere ist als im oberen.

Eine Frage, die uns nach vieler Richtung hin interessirte, war die: In welcher Weise ändert sich in derselben Darmschlinge die Resorption nach Einführung verschiedener Substanzen, nach Ein-

führung von Salzen, Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker und Pepton in Lösungen von verschiedener Concentration.

Für Salze hat diese Frage bereits Gumilewski in seinen Versuchen an unserem Hunde I erörtert. Von den oben mitgetheilten Versuchen gestatten uns diejenigen, welche an demselben Hunde angestellt worden sind, das gleiche für Stärke, Traubenzucker, Rohrzucker und Pepton. Die Versuche an Hund II und III sind hierfür nicht zahlreich genug.

Die Möglichkeit die Stärke der Secretion, welche nach Einfüllung irgend einer Flüssigkeit von der Wand des Experimentirdarms ausgeht, zu beurtheilen, fusst, wie bereits oben erwähnt, auf der von Gumilewski gemachten Beobachtuug, dass auch unter verschiedenen äusseren Bedingungen der Alkaligehalt des Darmsaftes annähernd derselbe ist. An unserem Hunde I bestimmte er denselben zu im Mittel 0,44%. Ich selbst fand folgende Zahlen.

Tabelle VII.
Darmsaft von Hund I.

Datum.	Menge pro Stunde. ccm.	Na_2CO_3 %	ClNa %	Trockenrückstand. %	Bemerkungen.
9. Nov. a)	3,9	0,43	0,45	—	
b)	4,1	0,43	0,52	—	
10. „ a)	2,6	0,43	0,52	—	Spur Blut in Folge
b)	4,0	0,40	0,50	—	schwieriger Ein-
13. „ a)	4,8	0,45	0,45	—	führung der Bal-
b)	4,2	—	—	1,07	lons.
15. „ a)	3,6	—	—	1,27	
b)	3,9	—	—	1,14	
17. „ a)	3,5	—	—	1,49	Etwas blutig.
b)	1,4	—	—	1,56	
Im Mittel:		0,43	0,49	1,50	

Bei dieser Gelegenheit seien noch folgende auf den Darmsaft bezügliche Beobachtungen erwähnt. Vom 16. August bis 27. September war an dem Hunde kein Resorptionsversuch gemacht wor-

den, nur war ihm jeden zweiten und dritten Tag eine 0,6% ige Chlornatriumlösung durch den Darm eingespritzt worden.

Als nun wieder mit den Versuchen begonnen wurde, war die Alkalescenz des Darmsaftes zunächst geringer und stieg erst allmählig wieder auf das Maximum von etwa 0,44%.

Hund I secernirt Darmsaft in einer Stunde:

30. September	7,6 ccm	mit	0,27 %	Na_2CO_3
2. October a)	5,3 „	„	0,34 „	„
b)	3,3 „	„	0,36 „	„
25. October in 1/4 Stunde	7,2 „	„	0,45 „	„

Es stand dieses Schwanken in der Alkalescenz des Darmsaftes nicht im Zusammenhang mit einer etwaigen Aenderung der Ernährung.

Der 16 kg schwere Hund erhielt vom 16. August ab täglich 300 gr Metzdorfzwieback. Er behielt denselben, wie hier beiläufig bemerkt sei, mit einer kurzen Unterbrechung (s. u.) bis zum 21. März und befand sich dabei, trotzdem dass ihm ein Stück Darm ausgeschnitten war, in einem andauernd vortrefflichen Ernährungszustande.

Im übrigen ist die Alkalescenz des Darmsaftes beim Hunde unabhängig von der Nahrung.

Von wie geringem Einfluss selbst grosse Unterschiede im Alkali- resp. Säuregehalt der Nahrung sind, davon überzeugte ich mich in der Weise, dass ich unserem Hunde das eine Mal per os essigsaures Natrium, also eine Substanz, welche im Organismus in kohlensaures Natrium übergeht, beibrachte, das andere Mal ihn statt mit Metzdorfzwieback mit reinem Pferdefleisch fütterte und ausserdem Salzsäure per os gab (s. Tab. VIII).

Also weder in dem einen noch in dem anderen Falle fand eine Aenderung in der Alkalescenz des Darmsaftes statt.

Diese Constanz gilt aber zunächst nur für den Fleischfresser, welcher, wie bekannt, die Säure im Organismus durch Ammoniak zu neutralisiren vermag. Es ist leicht möglich, dass die Verhältnisse beim Pflanzenfresser und beim Menschen anders liegen.

Ich konnte, wie ich hier beiläufig anführen will, die Angaben von Quincke bestätigen, dass Jodkalium, Bromkalium und Bromnatrium, aber nicht Ferrocyankalium ins Darmsecret übergehen.

Tabelle VIII.

Datum.	Zeit.	Essigsaures Natrium.	Darmsaft.		Bemerkungen.	Datum.	Nahrung.	Darmsaft.	
			ccm.	Na_2CO_3 %				ccm.	Na_2CO_3 %
24.	12—1 h		5,2	0,44		26. 27.	500 gr Fleisch		
Febr.	1 h	10 gr				Febr.			
	3 h	10 gr			Kollern	28. Febr.	Morg. 3 ccm HCl	4,5	0,47
	3—4 h		4,8	0,49	im Leibe		Abends 500 gr	5,9	0,41
	4—5 h		3,6	0,43	starke,		Fleisch		
					wässerige Darmaus-	1. März	ebenso	4,6	0,44
25.	Vorm.	10—15 gr			leerung	2. „	„	5,4	0,46
Febr.	Nachm.		6,0	0,45	Durchfall	3. „	„	4,2	0,45
			5,4	0,44			„		

Wenn wir durch Bestimmung der Alkalescenz in der aus dem Darm entleerten Flüssigkeit die unter dem Einfluss irgend einer Lösung stattgefundene Secretion (und Resorption von Wasser) ermittelt haben und nun die in den verschiedenen Versuchen gefundenen Werthe untereinander zu vergleichen suchen, so stossen wir auf eine sehr grosse Schwierigkeit, sobald wir verschieden grosse Volumina in den Darm eingefüllt haben. Es war dies in unserer ersten Versuchreihe (Traubenzuckerversuche Tab. V) geschehen.

In derselben Weise wie Gumilewski hatten auch wir die zu resorbirende Flüssigkeit unter einem annähernd constanten Druck, etwa 50 mm Hg, in die Darmschlinge eingefüllt. Sobald das Einfliessen der Lösung aufzuhören schien, wurde die Klemme an den Schlauch, welcher die Einflusskanüle mit dem graduirten Standgefäss verband (s. o. Seite 420), angelegt und das Volumen der ausgeflossenen Lösung abgelesen. Wurde, nachdem am Ende der ersten Stunde die nicht resorbirte Flüssigkeit entleert worden war, von neuem eingefüllt, so floss jetzt ein grösseres Volumen ein und in einer dritten Versuchsstunde ein noch grösseres. Wir haben also in jedem Versuche drei verschiedene Volumina und diese wiederum sind in den verschiedenen Versuchen untereinander verschieden.

Wollen wir jetzt sehen, welchen Einfluss verschiedene Concentrationen, sagen wir von Traubenzucker, auf die Secretion von

Darmsaft haben und betrachten wir zu diesem Zweck unsere Tabelle V, so finden wir, dass die Unterschiede in der Secretion anscheinend nur gering sind. Zu einer genaueren Beurtheilung derselben sind die verschiedenen Grössen der. eingefüllten Volumina sehr störend. Wir könnten versucht sein, die Secretion auf die Volumeneinheit der eingefüllten Flüssigkeit zu beziehen, indem wir die Anzahl Cubikcentimeter secernirten Darmsaftes durch die Cubikcentimeter der eingefüllten Flüssigkeit dividiren. Hier aber würden wir einen principiellen Fehler begehen. Denn (vgl. Gumilewski l. c. p. 580) die Secretion der Darmwand ist eine Function der Oberfläche, d. h. das Product der Wechselwirkung zwischen der Oberfläche der eingefüllten Flüssigkeit und der von dieser berührten Darmwand. Diese aber ändern sich nicht in demselben Verhältniss wie das Volumen der Flüssigkeit, sondern in irgend einem uns unbekannten.

Man könnte der Sache in folgender Weise beizukonmen versuchen. Unser Experimentirdarm hat eine gewisse Aehnlichkeit mit einem übrigens nicht elastischen Schlauche, dessen Länge immer die gleiche, dessen Durchmesser, wir nehmen der Einfachheit halber an, dass die Flüssigkeit das Darmstück in seiner ganzen Länge gleichmässig erfüllt, je nach seinem Füllungsgrade wechselt. Setzten wir Secretion und Resorption als Functionen seiner inneren Oberfläche derselben proportional, so ergäbe sich aus folgenden bekannten Gleichungen, dass sich Secretion und Resorption bei Einfüllung verschiedener Volumina nicht proportional dem eingefüllten Volumen, sondern wie die Quadratwurzeln aus denselben ändern.

Es bezeichne x den variablen Radius des Darmrohres, l die constant bleibende Länge, V den Inhalt, M den Mantel des cylindrischen Darmrohrs

$$V = x^2 \pi\, l$$
$$M = 2x\pi$$
$$M = \frac{2\pi\lambda}{\sqrt{\pi\lambda}} \sqrt{V}$$

Hierbei machen wir zwei Voraussetzungen, erstens die Länge des Darmes ist constant, zweitens die innere Oberfläche des Darmes ist als der Mantel eines Cylinders zu betrachten, Secretion und Resorption ändere sich in gleicher Weise wie dieser.

Die Constanz der Länge der Darmschlinge könnte man vielleicht zugestehen, obgleich sich auch hier mit Rücksicht auf den wechselnden Contractionsgrad der Darmmuskulatur gewisse Bedenken erheben. Die Veränderungen, welche die Oberfläche des Dünndarms und gar die Resorption und Secretion mit der Ausdehnung des Darmes erfahren, können wir aber nicht vergleichen mit der Aenderung, welche der Mantel eines Cylinders von der Länge des Darmstückes erfahren würde.

Durch die Zotten wird die Oberfläche des Dünndarms in einer uns ganz unbekannten Weise vergrössert. Allerdings wächst diese Oberfläche mit der Ausdehnung des Darms, insofern als sich im leeren Darm die Zotten mit ihren Seitenflächen zum grössten Theil aneinanderlegen, so dass nur die Spitzen frei in das Darmlumen hineinragen; während sie nach Einfüllung von Flüssigkeit in den Darm mit der Ausdehnung der Darmwand auseinanderweichen und ihre freigewordenen Flächen der Resorption zugänglich werden. Im Ganzen wird die resorbirende Oberfläche des Darmes grösser, aber in einem Verhältniss zu dem in den Darm eingefüllten Flüssigkeitsvolumen, das wir nicht zu bestimmen im Stande sind. Was ferner die Secretion betrifft, so wissen wir, nach den Versuchen Gumilewski's, dass dieselbe abhängt von der Beschaffenheit der im Darme befindlichen Flüssigkeit, also vermuthlich von dem Reiz, welchen diese direct auf die Lieberkühn'schen Drüsen ausübt. Dadurch, dass sich mit der Ausdehnung des Darmes die Zotten entfalten, werden auch die Lieberkühn'schen Drüsen der im Darm befindlichen Flüssigkeit zugänglich, und so würde mit Einfüllung steigender Volumina auch die Secretion zunehmen. Es käme noch dazu, dass vielleicht auch die Dehnung der Darmwand secretionserregend wirkt.

Gleichgültig aber, welchem von beiden Factoren wir eine grössere Bedeutung zuschreiben wollten, weder in dem einen noch in dem anderen Falle lässt sich eine einfache Beziehung zu dem im Darm befindlichen Flüssigkeitsvolumen auffinden.

Wir sahen uns deshalb veranlasst, die Versuchsanordnung in der Weise zu ändern, dass wir die Flüssigkeit nicht unter annähernd gleichem Druck in den Darm einfüllten, sondern immer dasselbe Volumen einlaufen liessen. So bleiben die physikalischen Bedingungen, die zum Austausch mit der Darmwand dargebotene Oberfläche, sowie der Druck im Darmrohr die gleichen: wir können

ohne weiteres die für Secretion und Resorption gefundenen Zahlen miteinander vergleichen.

Gehen wir nach diesen Vorbemerkungen zu unserem eigentlichen Thema über.

In der folgenden Tabelle sind auf Grund von Tabelle III, IV, V, Vers. 28. Jan. bis 10. Febr., VI die Mittelwerthe zusammengestellt, welche sich für die Anzahl Cubikcentimeter Darmsaft nach Einfüllung von 20 ccm Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker, Pepton berechnen.

Tabelle IX.

In den Darm eingefüllte Lösung.		Secretion in Stunde. I (ccm.)	Secretion in Stunde. II (ccm.)	Procentische Zunahme.
Stärke	1%	12,78	13,33	4,3
Rohrzucker	0,5 „	9,53	12,67	32,9
„	1 „	10,10	13,10	29,7
„	2 „	11,43	12,27	7,3
Traubenzucker	1 „	10,92	11,16	2,1
„	2 „	8,40	8,43	0,0
„	3 „	8,70	10,08	15,1
Pepton	0,5 „	12,48	14,59	16,9
„	1 „	12,93	16,92	31,0
„	2 „	14,32	19,02	32,9

Wir sehen, dass unter sonst gleichen Verhältnissen

1. Die Menge des secernirten Darmsaftes (Menge des secernirten kohlensauren Natriums) von der Qualität der in Lösung befindlichen Substanz abhängig ist. Die Secretion ist am geringsten bei Traubenzucker, stärker bei Rohrzucker, noch stärker bei Amylum und Pepton.

2. Die Secretion des Darmsaftes nimmt in der zweiten Stunde zu. Drückt man diese Zunahme in Procenten von der Grösse der Secretion in der ersten Stunde aus, so ist dieselbe für eine 1%ige Stärke- und eine 1—2%ige Traubenzuckerlösung nur gering. Beim Rohrzucker ist diese Zunahme für eine 0,5%ige Lösung am stärksten und nimmt mit zunehmender Concentration ab; umgekehrt ist das Verhalten des Peptons.

Das Verhalten der Resorption von Wasser ergiebt sich aus der folgenden analogen Tabelle.

Tabelle X.

In den Darm eingefüllte Lösung.		Resorption von Wasser in Stunde. I	II	Aenderung der Resorption in Procenten von I.
		ccm.		
Stärke	1%	16,53	15,08	−8,7
Rohrzucker	0,5 „	12,93	16,18	+25,10
„	1 „	12,91	15,93	+23,4
„	2 „	14,05	17,00	+20,9
Traubenzucker	1 „	15,92	16,16	+14,8
„	2 „	18,13	18,93	+4,4
„	3 „	15,20	17,58	+15,6
Pepton	0,5 „	14,78	16,52	+11,8
„	1 „	12,68	17,29	+36,3
„	2 „	14,47	19,69	+36,1

1. Die Resorption von Wasser ist am grössten für Traubenzucker und Pepton, kaum geringer bei Stärkekleister, vielleicht etwas geringer bei Rohrzucker in der ersten Stunde.

2. Die Resorption von Wasser nimmt bei Traubenzucker, Rohrzucker, Pepton in der zweiten Stunde zu, bei Stärkekleister auffallenderweise ab. Die procentische Zunahme wird mit steigender Concentration beim Rohrzucker geringer, beim Pepton bis zu einer gewissen Grenze grösser.

Vergleichen wir Secretion und Resorption von Wasser miteinander, indem wir die für die Resorption erhaltenen Werthe durch die entsprechenden für die Secretion gewonnenen dividiren. (S. nebenstehende Tabelle).

Aus dieser Tabelle würde folgen, dass im Allgemeinen die Resorption von Wasser grösser ist, als die Secretion von Darmflüssigkeit.

Die relative Resorption d. h. die Resorption im Vergleich zur Secretion ist bei 1%iger Stärke und 0,5—1%igem Rohrzucker nicht sehr verschieden; sie ist grösser bei Traubenzucker, geringer bei Pepton.

Tabelle XI.

In den Darm eingefüllte Lösung.		Relative Resorption in Stunde.	
		I	II
Stärke	1%	1,29	1,13
Rohrzucker	0,5 „	1,36	1,27
„	1 „	1,27	1,21
„	2 „	1,13	1,38
Traubenzucker	1 „	1,46	1,45
„	2 „	2,16	2,24
„	3 „	1,75	1,78
Pepton	0,5 „	1,18	1,13
„	1 „	0,98	1,02
„	2 „	1,01	1,03

Das Ueberwiegen der Resorption bei Traubenzucker beruht, wie aus Tabelle VII hervorgeht, auf einer geringeren Secretion, umgekehrt ist beim Pepton die Resorption deswegen relativ geringer, weil die Secretion eine grössere ist.

Der Effect, der aus den beiden neben einander hergehenden Processen der Secretion und Resorption für die Verminderung der Wassermenge im Darmlumen resultirt, ersehen wir, wenn wir die nach einer Stunde aus dem Darm ausfliessenden Cubikcentimeter Flüssigkeit mit den am Beginn der Stunde in den Darm eingefüllten vergleichen. Das Mittel aus den Differenzen beider Grössen finden wir auf der folgenden Tabelle (S. 452).

Die Differenz zwischen dem Eingeflossenen und Ausgeflossenen ist für 1%ige Stärke und 0,5%igen Rohrzucker in der ersten und zweiten, für Rohrzucker in der ersten Stunde nicht wesentlich verschieden. Nur die Zahl 6,3, d. h. die grosse Resorption unter dem Einfluss einer 2%igen Rohrzuckerlösung ist auffallend. Sie ist (vgl. Tabelle VII) die Folge einer geringeren Secretion.

Am meisten Wasser verschwindet aus dem Darm nach Einfüllung von Traubenzucker, am wenigsten nach Einfüllung von Pepton.

Diese Schlüsse, die wir im Vorstehenden auf Grund unserer Zahlen über das Verhalten von Secretion und Resorption im unteren Theil des Dünndarms unter dem Einfluss von Lösungen von

Stärke, Rohrzucker, Traubenzucker und Pepton in verschiedener Concentration gezogen haben, mögen nur als der erste Versuch betrachtet werden zu allgemein gültigen Gesetzen zu gelangen. Um diese zu gewinnen werden ähnliche Versuche in noch grösserer Anzahl anzustellen sein.

Tabelle XII.

In den Darm eingefüllte Lösung.		Differenz des Eingfl. minus Ausgfl. in Stunde. I	II
Stärke	1%	+3,5	+2,8
Rohrzucker	0,5 „	+3,8	+1,0
„	1 „	+2,8	+2,8
„	2 „	+3,5	+6,3
Traubenzucker	1 „	+5,0	+5,0
„	2 „	+10,7	+9,5
„	3 „	+6,5	+7,5
Pepton	0,5 „	+2,5	+1,8
„	1 „	+0,3	—0,3
„	2 „	+0,17	+0,7

VII. Zur Theorie der Darmfunction.

A. Die Secretion von Wasser und kohlensaurem Natrium.

Wenn wir im Folgenden versuchen wollen uns eine gewisse Vorstellung von den Kräften zu machen, welche im Darm Secretion und Resorption bedingen, so ist es am zweckmässigsten von einer rein mechanischen Anschauung auszugehen und an der Hand der Thatsachen zu prüfen, wie weit sich eine solche aufrecht erhalten lässt.

Ebenso wie dies bei den anderen Drüsen geschehen, im übrigen aber als unhaltbar erwiesen worden ist, könnte man die Secretion im Darm zunächst als einen Filtrationsvorgang auffassen wollen.

In der Darmwand circulirt unter einem gewissen Druck das alkalische Blut resp. Lymphe. Durch Filtration könnte aus diesem eine alkalisch reagirende Flüssigkeit in das Lumen des leeren Darmes herein abgesondert werden. Wenn der Druck im Darm durch Einfüllung von Wasser stiege, würde die Secretion von Was-

ser durch Filtration geringer, von einem gewissen Füllungsgrade ab unmöglich werden. Bei Einfüllung von Flüssigkeit in den Darm würden für die Absonderung von kohlensaurem Natrium noch die Bedingungen der Diffussion hinzukommen. Eine solche wäre auch für die Absonderung von Wasser in Betracht zu ziehen, sobald sich nicht reines Wasser, sondern Lösungen von irgend welchen Substanzen im Darme befänden.

Es wäre möglich den Einfluss des steigenden Druckes im Darmrohr auf die Secretion in der Weise zu ermitteln, dass wir steigende Volumina in dasselbe einfüllen und nun nach Gumilewski durch Titriren des kohlensauren Natriums die Grösse der Secretion bestimmen. Da wir aber nach dem, was wir oben gesagt haben, bisher nicht im Stande sind, in einwandsfreier Weise die Secretion nach Einfüllung verschiedener Volumina untereinander zu vergleichen, wollen wir auf diesen Versuch verzichten.

Betrachten wir aber folgenden, ursprünglich zu einem anderen Zwecke angestellten Versuch.

In den Darm wurde ein einprocentiger Stärkekleister eingefüllt und zu diesem eine solche Menge von kohlensaurem Natrium gesetzt, dass der procentische Gehalt derselbe war, wie der des Darmsaftes.

Tabelle XIII.

Hund I. 1% Stärke mit 0,44% Na_2CO_3.

Datum.	Eingeflossen.	Ausgeflossen.	Alkalescenz d. Ausgefl. berechnet als Darmsaft, secernirt.	Na_2CO_3 im		Differenz.	Stärke ausgedrückt in Aequiv. Traubenzucker.	Resorbirt	
				Eingefloss.	Ausgefl.		Eingeflossen gr	gr	% des Eingefl.
8. Dez.	20	18	17,58	0,088	0,069	−0,019	0,188	0,105	55,9
	20	24,5	26,88	0,088	0,118	+0,030	0,188	—	—
). „	22	16,5	15.54	0,069	0,096	−0,028	0,207	0,110	46,9
	20	29	26,82	0.118	0,088	+0,030	0,188	0,118	37,2
). „	20	27	25,68	0,113	0,088	+0,035	0,188	0,108	42,5
). „	20	24	23,76	0,104	0,088	+0,026	0,168	0,060	35,7
	20	24,5	26,62	0,118	0,088	+0,030	0,168	0,045	25,6
). Jan.	20	25,5	24,06	0,106	0,088	+0.018	0,172	0,053	69,2
	20	25,0		0,116	0,088	+0,028	0,172	0,060	65,0

Da, wenn der Darmsaft ein Filtrat der Lymphe wäre, der Gehalt desselben an kohlensaurem Natrium nicht wesentlich von dem der Lymphe verschieden wäre, so müsste nach den Gesetzen der Osmose im vorliegenden Fall, wo wir im Darm und der Lymphe den entsprechenden Gehalt an kohlensaurem Natrium haben, die Alkalescenz im Darme unverändert bleiben. Wir finden aber, dass in der ersten Stunde der beiden ersten Tage unter Verminderung des eingefüllten Volumens Alkali aus dem Darme austritt, es wird also sogar resorbirt; in der zweiten Stunde dagegen ebenso wie in den beiden Stunden der anderen Tage findet ein Eintritt von Alkali und Wasser in den Darm statt trotz des sozusagen Gegengewichts, welches das kohlensaure Natrium der im Darm befindlichen Flüssigkeit dem aus der Darmwand eintretenden hält.

Es ist hierbei nicht zu übersehen, dass die Menge Alkali, welche unter den obwaltenden Umständen secernirt wird, scheinbar geringer ist, als sie wäre, wenn man nur 1% Stärkekleister ohne kohlensaures Natrium in den Darm eingefüllt hätte. Man könnte auf die Vermuthung kommen, dass der Gehalt an kohlensaurem Natrium zu gering war, so dass noch die Bedingungen für eine Osmose von Natriumcarbonat aus der Lymphe vorhanden waren. Dann würde es sich aber nicht erklären, wie in den beiden ersten Versuchen kohlensaures Natrium verschwinden konnte. Es erscheint deshalb richtiger anzunehmen, dass wenn die in dem Darm befindliche Flüssigkeit einen gewissen Grad von Alkalescenz erreicht, kohlensaures Natrium in demselben Maasse als es secernirt wird, wieder zur Resorption gelangt.

Würden die Gesetze der Osmose für die Secretion von Darmsaft gelten, so müsste dieselbe nach Einfüllung irgend einer Lösung abhängig sein, wenn wir Lösungen verschiedener Substanzen bei derselben Concentration vergleichen, von der Beschaffenheit der Substanz, wenn wir dieselbe Substanz in verschiedenen Concentrationen einführen, von letzteren.

Der Einfluss der Substanz als solcher müsste in irgend eine Beziehung zu setzen sein zum endosmotischen Aequivalent und der Diffusionsgeschwindigkeit. Leider sind letztere Grössen für die uns interessirenden Substanzen entweder gar nicht oder nicht unter den gleichen Bedingungen bestimmt, so dass wir sie für unsere Zwecke nicht mit Sicherheit verwerthen können. Wenn

wir aber ganz grob z. B. Pepton und Rohrzucker mit einander vergleichen, so würden wir, obgleich das endosmotische Aequivalent beim Pepton ein grösseres ist, doch im Hinblick auf seine geringere Diffusionsgeschwindigkeit in derselben Zeit vielleicht einen grösseren Uebertritt von Wasser zum Rohrzucker erwarten dürfen. Thatsächlich finden wir die Secretion beim Pepton stärker als beim Rohrzucker.

Was zweitens die Concentration betrifft, so müsste mit einem Steigen derselben auch die Secretion zunehmen. Für Pepton und zum Theil auch für Rohrzucker ist dies in den oben angeführten Versuchen der Fall; dagegen nicht für Traubenzucker.

Unsere Beobachtungen sprechen also nicht dafür, dass die Secretion nach einfachen physikalischen Gesetzen erfolgt.

B. Die Resorption von Wasser und festen Bestandtheilen.

Aehnlich steht es mit der Resorption.

Zum Studium der Resorption von Wasser ist am geeignetsten unser Hund II, dessen Darmschlinge, dem oberen Theile des Dünndarms entnommen, nur sehr wenig Flüssigkeit secernirte.

Ich führe folgende Versuche an.

Tabelle XIV.

Hund II.

Datum.	Eingefl.	Ausgefl.[1]	Alcalescenz in ccm $^1/_{10}$ H_2SO_4.	ClNa Eingefl.	ClNa Ausgefl.	Bemerkungen.
8. März	50	4	—	0,128	—	1) einschliesslich der gallertigen Massen. 2) der hohe ClNa-gehalt erklärt sich dadurch, dass ClNa aus der Darmwand in die eingefüllte Flüssigkeit diffundirt (vergl. Gumilewski l. c. p. 568).
	75	25	3,75	0,192	0,204[2])	
9. „	50	2,7	—	0,128	—	
	75	21	4,3	0,192	0,204	
11. März	50	11,5	1,4	0,252	—	
	50	11,5	1,0	0,252	0,234	
10. März	50	36	4,4	0,505	0,365	
	30	17	2,25	0,303	0,195	

Wir sehen aus denselben, dass aus einer 0,25 % ClNa-lösung in einer Stunde etwa 50 ccm resorbirt werden, aus einer 0,5 %igen 39 ccm, aus einer 1%igen nur 13—14 ccm. In analoger Weise werden (s. Tab. XVI) nach Einfüllung von 1% Traubenzucker und 0,25% Na_2SO_4 45—60 ccm, nach Einfüllung von 1% Traubenzucker und 0,5% Na_2SO_4 41—50 ccm, nach Einfüllung von 1% Traubenzucker und 1% Na_2SO_4 nur 16 ccm Wasser resorbirt. Dieser geringere Resorptionseffekt ist nicht etwa die Folge einer stärkeren Darmsecretion, denn die Menge des kohlensauern Natriums, welche an sich äusserst gering ist, zeigt keine entsprechende Veränderung, d. h. Zunahme. Freilich wäre es an sich möglich, dass ausser durch die Lieberkühn'schen Drüsen und ohne Absonderung von kohlensaurem Natrium, eine mit der Concentration zunehmende stärkere Diffusion von Flüssigkeit durch die Oberfläche der Zotten zu der Salzlösung als umgekehrt stattfände. Auf Grund unserer weiter mitzutheilenden Versuche halte ich dies jedoch für wenig wahrscheinlich. Ich glaube vielmehr, dass Salzlösungen in grösseren Concentrationen die Function der resorbirenden Zotten herabsetzen. Ich kann daher Leubuscher[1]) nicht beipflichten, wenn derselbe sagt: „Auf welche Weise auch die Mittelsalze in den Darm eingebracht werden, stets findet eine Ausscheidung von Flüssigkeit in den Darm hinein statt, die als die Hauptursache der Abführwirkung anzusehen ist. Ein resorptionshindernder Einfluss der Mittelsalze ist nicht nachweisbar."

Wenn wir die Resorption der festen Bestandtheile auf Diffusion zurückführen wollten, so müssten wir in erster Linie die Diffusionsgeschwindigkeiten der verschiedenen Substanzen, in zweiter die Concentrationen berücksichtigen.

Den einfachsten Vergleich der „Resorptionsgeschwindigkeit" mit der Diffusionsgeschwindigkeit erhalten wir, wenn wir für die verschiedenen Substanzen diejenigen Concentrationen bestimmen, bei der in der Zeiteinheit (1 Stunde) aus der Volumeneinheit (20 ccm) in dem Darme unseres Hundes I die betreffende Substanz eben noch vollkommen verschwindet. Diese Concentration ist für Traubenzucker 2—3%, für Rohrzucker etwa 1%, für Pepton weniger als 0,5%, für schwefelsaures Natrium weniger als 0,125%.

1) Leubuscher, Zur Wirkung der Mittelsalze, Sitzungsber. der Jenaischen Ges. f. Med. und Naturw. 1886, Sitz. v. 5. Febr.

Von diesen Substanzen sind die Diffusionsgeschwindigkeit unter denselben Bedingungen nur bestimmt für Rohrzucker und schwefelsaures Natrium. Setzt man nach C. E. E. Hoffmann[1]) die Diffusionsgeschwindigkeit des Rohrzuckers gleich 1, so ist die des schwefelsauren Natriums gleich 1,15; sie ist also bei letzterem etwas grösser als bei ersterem. Die Resorption ist aber bei ersterem fast zehnmal so gross als bei letzterem. Recht anschaulich wird dieses verschiedene Verhalten demonstrirt, wenn man gleichzeitig in den Darm Rohrzucker, oder, wie dies der einfacheren Bestimmung wegen zweckmässiger ist, Traubenzucker und schwefelsaures Natrium einfüllt und die unter diesen doch absolut gleichen Bedingungen resorbirten Mengen von Traubenzucker und schwefelsaurem Natrium bestimmt.

Tabelle XV.

Hund I.

Datum.	Eingefl.	Ausgefl.	Alkalescenz in ccm $^1/_{10}$ N H_2SO_4.	Darmsaft secernirt.	Wasser resorbirt.	Traubenzucker: Ein-gefl.	Traubenzucker: Aus-gefl.	Na_2SO_4 Ein-gefl.	Na_2SO_4 Aus-gefl.	
31.	33	25	12,2	14,64	22,64	0,165	Spuren	0,165	0,100	Traubenzucker 0,5% Na_2SO_4 0,5%
Juli	46	36	16,4	19,68	29,18	0,230	„	0,230	0,197	
	72	51	12,6	15,11	36,11	0,360	0,058	0.360	0,214	

Tabelle XVI.

Hund II.

Datum.	Eingefl.	Ausgefl.	Alkalescenz in ccm $^1/_{10}$ H_2SO_4.	Traubenzucker: Ein-gefl.	Traubenzucker: Aus-gefl.	Na_2SO_4 Ein-gefl.	Na_2SO_4 Aus-gefl.		
13. März	50	5	0,7	0,500	Spur	0,125	0,024	Na_2SO_4 0,25 %	Traubenzucker 1%
	75	15	1,3	0,750	sehr wenig	0,187	0,063		
14. „	50	—	— ?	1,250	Spur	0,625	0,368	Na_2SO_4 0,5%	
	75	34	3,2						
15. „	50	34	3,5	0,500	„	0,500	0,347	Na_2SO_4 1,0%	

1) Bestimmung des endosmotischen Aequivalents mehrerer chemischer Verbindungen von C. E. E. Hoffmann. C. Eckard's Beiträge zur Anatomie und Physiologie, Bd. II, p. 80, Giessen 1860.

Aus der 5% Traubenzuckerlösung bei Hund I und der 1% bei Hund II verschwindet der Traubenzucker bis auf Spuren, indess das Glaubersalz selbst aus einer 0,25% Lösung, geschweige denn aus einer solchen von höherer Concentration nur höchst unvollkommen resorbirt wird.

Es geht aus diesem Versuch zugleich hervor, dass Traubenzucker und schwefelsaures Natrium sich bei den gewählten Concentrationen gegenseitig in Bezug auf die Resorption nicht wesentlich beeinflussen. Interessant wäre es zu sehen, ob schwefelsaures Natrium oder ClNa in grösserer Concentration die Resorption von Traubenzucker und anderen festen Substanzen in derselben Weise herabsetzt, wie die Resorption von Wasser.

In Bezug auf die Abhängigkeit der Resorption der festen Bestandtheile von der Concentration geben schon v. Becker und Funke an, ersterer für den Traubenzucker, letzterer für das Pepton, dass aus concentrirteren Lösungen absolut mehr resorbirt wird. Dasselbe fand Gumilewski für das schwefelsaure Natrium. Auch wir haben bei unserern Versuchen gesehen, dass die Menge der resorbirten festen Bestandtheile, Rohrzucker, Traubenzucker, Pepton, mit der Concentration wächst, aber nur bis zu einem gewissen Grade. Es wird bald ein Maximum erreicht, welches unter den gleichen Bedingungen (Länge und Ort der Darmschlinge, Verhältniss der Grösse der Darmschlinge zum Volumen der zu resorbirenden Flüssigkeit, Dauer der Resorption). für die verschiedenen Substanzen verschieden ist. Dasselbe lag bei unserem Hunde I für Traubenzucker bei einer Concentration von 5—6%. Für die anderen Substanzen wurde dasselbe nicht zu bestimmen gesucht.

In so fern also die Resorption mit der Concentration der Lösung zunimmt, liesse sich an eine Beziehung zwischen Resorption und Diffusion denken. Warum dann aber von einer bestimmten und noch dazu ziemlich geringen Concentration, für Traubenzucker 6%, die Resorption nicht weiter zunimmt, bliebe unerklärt.

Eine andere Thatsache, welche einer Erklärung durch Diffusion erhebliche Schwierigkeiten bereitet, ist folgende.

Es ist für die Resorption sowohl von festen Bestandtheilen wie Wasser nicht gleichgiltig, ob ich dieselbe Flüssigkeit, z. B. 20ccm 1% Stärkekleister, zwei Stunden hintereinander im Darme

lasse, oder ob ich am Ende der ersten Stunde die Flüssigkeit aus dem Darme entferne und dann wieder vom neuem einfülle.

Es wird, wie ein Vergleich der folgenden Tabelle mit den auf Tabelle III, IV und VI angeführten Versuchen lehrt, wenn die Flüssigkeit zwei Stunden ununterbrochen in dem Darme bleibt, mehr Wasser und feste Bestandtheile resorbirt als in einer Stunde, aber weniger als in zwei, wenn der Darm am Ende der ersten Stunde entleert und dann wieder gefüllt wird.

Tabelle XVII.

Datum.	Eingefl.	Ausgefl.	Darmsaft secernirt.	Wasser resorbirt.	Eingefl. Substanz. gr	Ausgefl. nach 2 Stund.	Resorbirt % des Eingeflossenen.	
23. Nov.	20	20	18,0	18,0	0,181	0,116	64,1	Stärke 1%.
24. „	21	23	20,8	18,8	0,189	0,117	61,9	
25. „	20	22,5	20,4	17,9	0,180	0,120	72,2	
9. Febr.	20	22,5	17,7	15,2	0,40	0,062	—	Rohrzucker 2%.
11. „	20	31,0	25,8	14,8	—	0,062	—	
14. „	20	26,0	18,3	12,3	—	0,102	—	
17. „	20	22,5	18,2	15,7	—	0,071	—	
16. Febr.	20	34	29,4	15,4	−1,8	−1,1	—	Pepton 2%.
					Drehung im 2. Decimeterrohr d. S. V.			

Aehnlich verhält sich die Serection von Darmsaft. Auch sie nimmt in der zweiten Stunde ausnahmslos zu, die Zunahme ist aber geringer, als wenn der Darm am Ende der ersten Stunde entleert und dann von neuem wieder Flüssigkeit in die Schlinge gebracht wird.

Es nimmt also sowohl Resorption wie Secretion beim längeren Verweilen der Flüssigkeit in der Darmschlinge allmählich ab.

Vergleicht man die Secretion und Resorption von Wasser, so sieht man, dass diese Abnahme beider nicht in derselben Weise stattfindet. Die Resorption sinkt schneller als die Secretion. Die Folge davon ist, dass das Volumen des Ausgeflossenen grösser als das des Eingeflossenen wird.

Die stärkere Zunahme der Secretion brachte mich anfangs auf den Gedanken, dass die sich allmählich steigernde Alkalescenz die Ursache für die behinderte Resorption sei und gerade aus diesem Grunde stellte ich die auf Tab. XIII mitgetheilte Versuchsreihe an. Sie beweist aber, dass die Anwesenheit von kohlensaurem Natrium keinen wesentlichen Einfluss wenigstens auf die Stärkeresorption hat.

Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die zeitweise Entleerung des Darmes als solche nothwendig ist, um den Darm functionsfähig zu erhalten — ein wichtiger Hinweis auf die Bedeutung der peristaltischen Bewegung.

Zur Erklärung dieser Erscheinung könnte man geneigt sein, anzunehmen, dass die dauernde Ausdehnung und Compression der Darmwand durch den Darminhalt verändernd auf die Diffusionsmembran einwirkt und dadurch sowohl Resorption wie Secretion geringer wird. Dann wäre man aber nur sehr schwer im Stande, den mangelnden Parallelismus in Secretion und Resorption zu erklären. Ich halte es deshalb für wahrscheinlicher, dass durch die dauernde Ausdehnung des Darmes ungünstige Bedingungen für die Blutcirculation in der Darmwand gesetzt und somit eine mangelhafte Sauerstoffszufuhr zu den Organen der Darmschleimhaut bewirkt wird (vgl. Leuburcher, l. c. p. 21 ff.). Die Function der letzteren ist abhängig von ihrem Stoffwechsel, mit einer bestimmten Summe von Spannkräften sind sie nur im Stande, eine beschränkte Summe von Arbeit zu leisten; werden dieselben verbraucht und nicht in ausreichender Weise erneuert, so wird die Arbeit der resorbirenden und secernirenden Zellen allmählich geringer, sie ermüden, beide unabhängig von einander, mit verschiedener Schnelligkeit.

In ähnlicher Weise erklärt sich ungezwungener durch eine Ermüdung als durch eine Veränderung der Diffusionsmembran die schon von Funke und v. Becker gemachte Beobachtung, dass, auch wenn der Darm am Ende der ersten Stunde entleert wird, in der zweiten stets weniger resorbirt wird als in der ersten. Zur Bestätigung sei folgendes angeführt.

Aus Tab. VIII von Gumilewski berechnet sich, dass aus etwa 30 ccm einer 0,125% Lösung von schwefelsaurem Natrium in der ersten Stunde 44%, in der zweiten aus etwa 60 ccm 29,5%, in der dritten aus 66 ccm 26,8% aufgenommen

werden. — Aus 20 ccm einer 3% Traubenzuckerlösung resorbirt Hund I in der ersten Stunde durchschnittlich 83,7%, in der zweiten Stunde 77,3%; aus einer 2% Rohrzuckerlösung in der ersten Stunde 72,9%, in der zweiten 67,0%; aus einer 1% Stärkelösung in der ersten Stunde 50,8%, in der zweiten 39,9%. Beim Pepton konnte man sich vermittelst der Biuretreaction leichter als durch Polarisation davon überzeugen, dass schon von einer 0,5% Lösung in der zweiten Stunde weniger resorbirt als in der ersten.

Während in dieser Weise die Resorption der festen Bestandtheile in der zweiten Stunde abnimmt, nimmt die Resorption von Wasser bei Rohrzucker, Traubenzucker und Pepton zu, nur bei Stärke ab.

Ganz allgemein finden wir, dass Resorption von Wasser und festen Bestandtheilen von einander unabhängig sind. Dies ist für Kochsalz bereits von Gumilewski constatirt worden.

Gumilewski hat aus seinen Versuchen das Verhältniss berechnet, welches zwischen der Resorption von Chlornatrium und der gleichzeitigen Resorption von Wasser besteht. Er fand dabei 1) dass aus einer Flüssigkeit von 0,25% ClNa-gehalt das Wasser in stärkerem Verhältniss resorbirt wird als seinem Gehalte entspricht, oder das Salz in geringerer Menge; 2) dass aus einer Lösung von 0,6% ClNa Wasser und Kochsalz in etwa dem gleichen Verhältniss resorbirt werden wie sie in der Lösung enthalten sind; 3) dass in einer Lösung von 1% ClNa-gehalt das Salz in grösserer Menge resorbirt wird als jenem Gehalte entspricht.

Um in ähnlicher Weise auch für unsere Substanzen das Verhältniss zwischen Resorption von Wasser und festen Bestandtheilen kennen zu lernen, berechnen wir aus Tab. III, IV, V das Mittel aus den in einer Stunde resorbirten Mengen Stärke, Rohrzucker Traubenzucker und dividiren sie durch die zugehörigen in Tab. I aufgeführten Mengen resorbirten Wassers. Wir erfahren so die Concentration, in welcher die betreffenden Stoffe durch die Darmoberfläche hindurchtreten. (S. folgende Tabelle.)

Dieselbe ist in der zweiten Stunde stets geringer als in der ersten.

Aus einer 1% Stärkelösung tritt bei nur unvollkommener Resorption der Stärke selbst (s. Tab. III) relativ viel mehr Wasser aus als feste Substanz. Aus einer 0,5% Rohrzuckerlösung, aus welcher der Rohrzucker vollkommen resorbirt wird, wird relativ

Tabelle XVIII.

In den Darm eingefüllte Lösung.		Concentration, in welcher die resorbirte Lösung den Darm verlässt in Stunde.	
		I	II
Stärke	1%	0,48	0,42
Rohrzucker	0,5 „	0,77	0,61
„	1 „	1,09	0,78
„	2 „	1,97	1,58
Traubenzucker	1 „	1,25	1,23
„	2 „	2,20	1,94
„	3 „	3,30	2,64

mehr Wasser resorbirt als Rohrzucker, aus einer 1% Lösung, bei der ebenfalls die Resorption von Zucker noch annähernd vollständig ist, verschwinden Wasser und Rohrzucker in demselben Verhältniss wie sie in der Lösung waren. Bei einer 2%igen Lösung, wo die absoluten Mengen des resorbirten Rohrzuckers noch zunahmen, ein Theil Rohrzucker aber noch in der Lösung zurückblieb, ist in der ersten Stunde die Concentration der durch die Darmoberfläche hindurchtretenden Flüssigkeit zunächst noch fast dieselbe wie im Darmlumen, in der zweiten Stunde nimmt sie ab. Bei einer 1%igen Traubenzuckerlösung wird Traubenzucker sowohl in der ersten wie in der zweiten Stunde, bei einer 2- und 3%igen nur in der ersten Stunde in relativ sogar etwas grösserer Menge resorbirt als Wasser.

Interessant ist hierbei, dass in denjenigen Fällen die Resorption der festen Substanz ohne Concentrationsänderung erfolgt, in denen die feste Substanz aus der im Darm befindlichen Lösung eben noch vollständig resorbirt wird. Es sind diese Concentrationen auf gleiche Linie zu stellen mit den Concentrationen von 0,6% für ClNa.

Auch diese Unabhängigkeit der Resorption von Wasser und festen Bestandtheilen spricht nicht dafür, dass die Resorption ein einfacher endosmotischer Vorgang ist.

Alle unsere Beobachtungen führen uns zu dem Schlusse:

Für die Serection und Resorption im Dünndarm kommen die Gesetze der Filtration und Osmose nicht wesentlich in Betracht. Beide Prozesse sind bedingt durch die Lebensäusserung von Zellen, d. h. in letzter Instanz durch die sich in ihnen abspiegelnden chemischen Vorgänge.

(Aus dem physiologischen Institute zu Strassburg.)

Zur Physiologie der Bogengänge.

Von

Prof. J. Rich. Ewald.

I. Abtheilung.

Seit der ersten Mittheilung von Flourens über die Function der halbcirkelförmigen Canäle sind nun schon etwa 40 Arbeiten über diese räthselhaften Organe veröffentlicht worden. Eine äusserst interessante Litteratur. Es giebt wohl keinen zweiten Fall in der Geschichte der Physiologie, bei dem in gleicher Weise, wie hier die Beobachter durch vorgefasste Meinungen befangen waren. Das Resultat der Untersuchungen war eigentlich schon gegeben bevor noch der erste Bogengang durchtrennt war. Die Lage dieser Gebilde von so einfacher und regelmässiger Gestalt in den 3 Hauptebenen des Raumes konnte unmöglich als zufällige angesehen werden und es kam nur darauf an, ob man leicht würde herausfinden können, welche Beziehungen zwischen den Functionen dieser Theile und den 3 Dimensionen des Raumes bestehen. Offenbar ging schon Flourens mit dieser Idee an den ersten Versuch. Er hatte — ich möchte fast sagen das Glück — jedenfalls die Freude, Bewegungsstörungen nach der Durchschneidung der einzelnen Bögen zu sehen. Ja noch mehr. Nicht genug, dass überhaupt anormale Bewegungen eintraten, es war auch in den Bewegungen eine bestimmte Richtung ausgesprochen, die wenn auch nicht ausschliesslich so doch in sehr vorherrschender Weise eingehalten wurde. Damit gestaltete sich dann sofort die Forderung weit einfacher und es fragte sich nur noch: Welchen Winkel bilden die anormalen Bewegungen mit der Ebene des durchtrennten Bogens. Flourens war in dieser Beziehung nicht ganz consequent. Für die horizontalen Canäle nahm er Parallelismus des Bogens und der Bewegung an, von den vertikalen Canälen ordnete er aber

die nicht parallelen als functionell gleiche zusammen und schrieb ihnen eine Bewegung zu, durch deren Richtung der Winkel, den sie miteinander bilden, halbirt wird.

So war zunächst das Bedürfniss, in der Function die Gestalt wiederzuerkennen befriedigt, aber es lag noch eine unübersteigbare Kluft zwischen beiden. Es fehlte die Brücke, die von der Gestalt zur Function hinüberführen musste. Goltz schlug sie. Er erhob die Bogengänge zu einem Sinnesorgan, das die Lage und die Bewegungen des Kopfes wahrnimmt. Die Schwerkraft wird in den 3 Bögen jeder Körperhälfte in drei Componenten zerlegt, die je nach der Lage des Kopfes im Raume oder richtiger gesagt nach der Lage des Kopfes zur Richtung der Schwerkraft, sich wechselnd in ihrer Grösse auf die 3 Bögen vertheilen. Indem nun der Grösse dieser Componenten der Druck der Endolymphe auf die Nervenendigungen entspricht, den wir als Reiz empfinden, so wird dadurch verständlich, wie wir vermöge der eigenthümlichen Lage der einzelnen Bogengänge in Urtheil über die Lage unseres Kopfes gewinnen können und wie bei Vernichtung einzelner Bögen die Richtung der anormalen Bewegungen von der Ebene des zerstörten Bogenganges abhängig sein kann.

Diese Theorie war für die Frage epochemachend. Sie begründete die 2. Periode in der Geschichte der Bogengänge, in der wir uns noch heute befindet. Denn die vielen und grösstentheils mit ausserordentlichem Geschick und Fleiss angestellten Untersuchungen, die der Goltz'schen Arbeit folgten, hatten als Hauptresultat nur immer ein Pro oder Contra in Bezug auf diese Arbeit selbst. Sie anerkannten oder leugneten den statischen Sinn, wenn sie ihn aber leugneten, so wussten sie doch deshalb nichs Besseres, ja nicht einmal ein Anderes an seine Stelle zu setzen, und die Beziehungen zwischen der Ebene des Canals und den Störungen mussten ihnen unverständlich erscheinen wie sie es einst Flourens und allen anderen vor Goltz gewesen waren.

Ich will hier auf die Litteratur nicht näher eingehen und hebe mir eine ganz ausführliche Besprechung derselben für einen späteren Abschnitt auf. Dies Wenige glaubte ich hier als Einleitung zu meinen eigenen Versuchen sagen zu sollen und da ich dadurch veranlasst wurde, den Namen meines Lehrers zu erwähnen, dem ich so sehr verpflichtet bin, so sei es mir auch schon hier gestattet, ihm meinen wärmsten Dank auszusprechen. Herr Prof.

Goltz hat mir nicht nur die reichen Mittel des physiologischen Instituts für diese kostspieligen Untersuchungen in freigiebigster Weise zur Verfügung gestellt, sondern er stand mir auch vielfach bei den schwierigen Untersuchungen der operirten Thiere zur Seite und bewahrte mich vor Beobachtungsfehlern. Der Leser wird im Verlauf der Abhandlung bemerken, dass ich mich nicht unbedingt der Goltz'schen Theorie anschliessen kann. Er wird sich daher denken können, dass es häufig im Laboratorium zu langen und mit grösstem Interesse geführten Controversen kam. Ueber die Thatsachen waren wir wohl immer einig, aber eben nicht immer über die Schlussfolgerungen. Diese Unterhaltungen sind von grösstem Nutzen für die Arbeit gewesen und indem sie mich veranlasst haben immer neue und schärfere Beweise zu suchen und wohl begründete Einwendungen sofort zu bekämpfen, haben sie die Sicherheit der Resultate, zu denen ich schliesslich gelangt bin, um Vieles, wie ich glaube, erhöht.

Durchtrennung beider canales externi bei Vögeln, eine vergleichend physiologische Untersuchung.

Bevor ich auf die Resultate zu sprechen komme, die ich mit neuen Operationsmethoden und von einem neuen Gesichtspunkte aus erhalten habe und die in der später zu publicirenden 2. Abtheilung ihren Platz finden werden, berichte ich hier über Versuche, bei denen die Bögen in ähnlicher Weise, wie es bisher zu geschehen pflegte, durchtrennt wurden. Ich wählte nur andere Instrumente und befolgte gewisse Vorsichtsmaassregeln, aber das später benutzte besondere Verfahren, den Canal mit der White'schen Bohrmaschine zu öffnen und das Loch nachher zu plombiren, habe ich bei diesen Versuchen noch nicht angewandt.

Die Idee, die der folgenden Untersuchung zu Grunde liegt, ist diese. Verschiedene Autoren haben übereinstimmend gefunden, dass die Durchschneidung der Bögen der Fische von keinerlei Bewegungsanomalien begleitet ist[1]). Diese Thiere schwimmen nach

---

1) Kürzlich hat J. Steiner eine Mittheilung gemacht, in der er von Exstirpationen der Bögen an Haifischen berichtet und das Fehlen der Bewegungsstörungen irrthümlich wie eine neue Entdeckung vorträgt. Sitzungsber. der Berliner Academie vom 20. Mai 1886.

der Operation in ganz normaler Weise und zeigen nicht einmal eine Neigung zum Drehen nach einer Seite, wie dies als eine der geringsten Folgen der Durchtrennung der canales externi bei den Vögeln beobachtet wird. Bei den Säugethieren sind dieselben Operationen mit sehr verschiedenem Erfolge angestellt worden. Einige Autoren haben viel stärkere Störungen gesehen als andere. Aber alle guten Beobachtungen stimmen darin überein, dass bei den Säugern die Störungen bei weitem nicht so heftig auftreten, wie bei den Vögeln. Ein beständiges sich Ueberkugeln, das mit den verzwicktesten Bewegungen der Extremitäten einhergeht, hat man bei den Säugethieren überhaupt nicht beobachtet; auch nach den ausgedehntesten Operationen behält die Störung einen verhältnissmässig leichten Charakter. Diese Unterschiede in den Folgen nach der Verletzung der Bögen der Vögel, der Säuger und der Fische kann man sich in verschiedener Weise erklären. Wir werden erstens annehmen können, dass uns die Verschiedenheit der topographischen Lage der Bögen bei der einen Thierclasse gestattet, die Verletzung nur auf die Bögen zu beschränken, während wir bei Thieren anderer Thierclassen immer benachbarte Organe mehr weniger mit verletzen. Als Nachbarorgan käme zunächst das Kleinhirn in Betracht, das ja nicht nur direct durch ein Instrument bei der Operation, sondern auch indirect durch Abfluss der Perilymphe, durch Entzündung u. a. m. geschädigt werden könnte. Bei den Vögeln würden wir also nach dieser Erklärung die benachbarten Gehirntheile am meisten, bei den Säugern weniger, bei den Fischen gar nicht mitverletzen. Zweitens können wir bei so entfernten Thierclassen den Bogengängen selbst verschiedene Functionen oder doch wenigstens sehr verschiedene Ausbildungsgrade derselben Function zuschreiben. Die Fische könnten den Vögeln gegenüber einen rudimentären Gleichgewichtssinn habeh, die Säuger einen schwächer entwickelten. Endlich drittens bietet sich uns eine Erklärung, indem wir annehmen, dass die Bögen zwar in allen 3 Thierclassen die gleichen Functionen haben, und dass auch bei der Zertörung derselben überall der gleiche Functionsausfall eintritt, dass aber dieser letztere je nach den statischen Bedingungen, unter denen sich das Thier in der Ruhe und bei den verschiedenen Bewegungen befindet, bald mehr bald weniger oder auch gar nicht bemerkbar wird. Zu diesen statischen Bedingungen gehören der allgemeine Körperaufbau, wie Länge der Beine, des Halses u. s. w., dann Zahl der Unterstützungs-

punkte, Lage und Grösse der Unterstützungsfläche in Bezug auf die Körperform, endlich das Medium, in dem sich das Thier befindet. In einem gewissen Stadium der Alkoholvergiftung wird ein Mensch nicht mehr ohne Schwanken gehen können. Man sieht sofort an seinen Bewegungen, dass er die Fähigkeit das Gleichgewicht zu erhalten, theilweise verloren hat. An einem Hund kann man aber im gleichem Stadium der Vergiftung noch nicht die geringste Abnormität des Ganges beobachten. Dass er trotzdem ebenso wie der Mensch das Gleichgewicht nicht mehr sicher beherrscht, wird sofort deutlich, sobald man ihn allein auf den Hinterfüssen sitzen, oder noch besser allein auf den Hinterfüssen gehen lässt; man sieht dann, dass der Functionsausfall hinter dem des Menschen nicht nachsteht. Es war daher wohl möglich, dass die Verschiedenheit, mit der die Vögel, Säuger und Fische auf die Zerstörung der Bogengänge reagiren, nur durch die verschiedenen statischen Bedingungen, unter denen sich diese Thiere bewegen, hervorgerufen würde, während der eigentliche Functionsausfall bei allen der gleiche ist. Es lässt sich aber dies an eben genannten Thieren nicht entscheiden, weil immer die Möglichkeit der ersten und zweiten Erklärung, nämlich die der Nebenverletzungen und die einer functionellen Verschiedenheit der Bögen, bestehen bleibt. Ich unternahm es daher, vergleichende Studien an einer Thierart zu machen und wählte die Vögel. Innerhalb dieser Thierklasse, namentlich wenn man nicht zu sehr voneinander abweichende Formen nimmt, ist die Topographie zu ähnlich, um Unterschiede in den etwaigen Nebenverletzungen veranlassen zu können, und noch weniger werden wir an eine functionelle Verschiedenheit denken dürfen. Andererseits wechseln bei den Vögeln die statischen Bedingungen in mannigfachster Art je nachdem sie gehen, laufen, springen, fliegen oder schwimmen, ja auch die Art zu ruhen ist sehr verschieden, indem wir hier Liegen, eigentliches Sitzen, Stehen auf zwei Beinen und Stehen auf einem Bein beobachten können.

Diese Untersuchungen mussten also ergeben, ob und in welchem Umfange die Störungen nach der Verletzung der Bögen von den statischen Bedingungen, unter denen sich das Thier befindet, abhängig sind. Für den Fall, dass diese Abhängigkeit deutlich zu Tage trat, konnte man dann auch einer Erklärung der in Frage stehenden Unterschiede zwischen Vogel, Säuger und Fisch näher

treten und neue Rückschlüsse auf die Function der Bögen selbst machen.

Operationsmethode.

Es ist einleuchtend, dass vergleichend physiologische Untersuchungen, wie die in Frage stehenden, nur dann von Werth sein können, wenn es gelingt, bei allen Thieren genau die gleiche Verletzung herbeizuführen. Das hat aber grosse Schwierigkeiten. Was die Wahl der Bögen betrifft, so entschied ich mich für die beiden externi. Zwar sind bei vielen Vögeln die anteriores leichter zugänglich, indem man ohne Verletzung oder Verschiebung eines Muskels direct durch das Schädeldach zu ihnen gelangen kann, aber sie sind wegen der unmittelbaren Nähe des Kleinhirns in Betreff der Nebenverletzungen zu gefährlich. Die Posteriores aber nahm ich nicht, weil es noch gar nicht fest steht, welche von den verticalen Canälen functionell zusammengehören: ob die beiden anteriores und die beiden posteriores oder je ein posterior und ein anterior. Auf jeden Fall wollte ich aber die Operation doppelseitig und an functionell gleichen Canälen machen. Bei zwei Operationen an demselben Thiere müssen kleine unvermeidliche Verschiedenheiten in der Operation sich schon eher ausgleichen und dann fällt auch unter diesen Umständen die gegenseitige Vertretung der Canäle fort, die bei den verschiedenen Vögeln vielleicht eine verschieden vollständige ist. In Bezug auf das eigentliche Operationsverfahren habe ich mich dann bis auf die Durchtrennung des häutigen Canals selbst, wobei ich abweichend verfahre, meinen Vorgängern angeschlossen. Der Vogel wird in ein Tuch gewickelt, so dass die Flügel und die Beine gut am Körper fixirt werden. Hierauf wird der Kopf hinten sorgfältig geschoren. Nachdem dann ein Hautschnitt in der Medianlinie in ziemlich weiter Ausdehnung angelegt ist, wird mit einem nicht zu scharfen Messer der Nackenmuskel von dem angrenzenden Unterkiefermuskel getrennt und der erstere medianwärts, der andere lateralwärts so weit zurückgeschoben, bis man den canalis externus lateral von der Kreuzung mit dem posterior in genügender Ausdehnung durchschimmern sieht. Es darf dabei zu keiner erheblichen Blutung kommen, wenn auch einige Blutstropfen zuweilen nicht zu vermeiden sind. Das Schädeldach wird dann in der Nähe der oberen Seite des horizontalen Canals (unten liegt der Sinus) eröffnet, wozu bei kleinen Vögeln eine kleine spitze Pinzette, bei grossen

ein kleiner Hohlmeissel dient. Ist das Schädeldach in genügender Ausdehnung entfernt, so geschieht die Eröffnung des knöchernen Canals, indem man ihn mit einem spitzen Instrument anbohrt und dann dies kleine Loch mit einer spitzen aber starken Pinzette durch Abbrechen kleinster Knochenstückchen erweitert. Da man nun den häutigen Canal sehr schwer mit einer Messerspitze erreichen kann und er zudem vor der schärfsten Schneide ausweicht und fortgeschoben wird, ohne zerschnitten zu werden, so sind hauptsächlich folgende zwei Methoden von den Autoren bei der Durchtrennung geübt worden. Die erste besteht darin, den häutigen Canal im knöchernen mit einer ganz kleinen und sehr spitzen Scheere zu zerschneiden, nach der zweiten zerschneidet man ihn ausserhalb des knöchernen Canals, nachdem man ihn mit einem Haken oder einer feinen Pinzette gefasst und ihn soweit aus dem knöchernen Canal herausgehoben hat, dass man eben mit der äussersten Spitze der einen Scheerenbranche unter ihn gelangen kann. Ich halte beide Methoden nicht für fehlerfrei. Offenbar kommt alles darauf an, Zerrungen an den Canälen zu vermeiden. Dass aber bei der letzteren der beiden Methoden der Canal nicht unbedeutend gezerrt wird, geht daraus hervor, dass das Thier gewöhnlich im Moment, da man den Canal herausholt, eine plötzliche und heftige Bewegung macht, die dann meist die Veranlassung zu einer noch stärkeren Zerrung des Canals wird. Die andere Methode ist wohl frei von Zerrungen, aber dafür zu unsicher; auch nach wiederholtem Oeffnen und Schliessen der Scheere kann es vorkommen, dass der häutige Canal nur theilweise durchschnitten im knöchernen Canal liegen bleibt. Ich habe für diese Misserfolge folgende Erklärung gefunden. Zum Eingehen mit der Scheere in den knöchernen Canal bedarf es sehr dünner und spitzer Branchen, und man muss diese in jedem Augenblick während des Vordringens, so weit als es der knöcherne Canal gestattet, öffnen, um sicher den ganzen häutigen Canal zwischen die Scheere zu bekommen. Man fährt also mit den Spitzen der Branchen an der Innenfläche des knöchernen Canals entlang und da ereignet es sich dann nicht selten, dass sich eine der Branchenspitzen an einer kleinen Rauhigkeit der Knochenwand verfängt. Ein weiteres Vordringen der Scheere wird dann unmöglich und beim Schliessen derselben springt die eine Branche über einen Theil des häutigen Canals fort, während die andere, die sich verfangen hatte,

an ihrer Stelle verharrt. Je nachdem nun diese Störung beim Vordringen mit der Scheere früher oder später eintritt, wird der häutige Canal in grösserer oder kleinerer Ausdehnung undurchschnitten ·bleiben. Nun muss man sich aber jedenfalls davon überzeugen, ob der Canal auch wirklich durchtrennt worden ist, bevor man die Operation als beendet ansehen darf und da bleibt dann kein Mittel übrig — denn sehen kann man es gewöhnlich nicht — als mit einem kleinen Haken die Stelle zu untersuchen. Für den Fall, dass der Canal nicht ganz durchschnitten wurde, tritt dann wieder die oben erwähnte Zerrung ein. Es gelingt ja auch häufig gleich beim ersten Scheerenschnitt den Canal vollständig zu durchtrennen und dann ist diese Art der Durchschneidung eine sehr vollkommene; für mich kam es aber hauptsächlich darauf an, bei allen Canälen möglichst genau das Gleiche zu thun und ich musste mich daher nach einer sicheren Methode umsehen.

Das Verfahren, bei dem ich meinen Zweck vollständig erreichte, ist folgendes. Eine kleine glatte Pinzette (bei der sich die beiden Branchen mit glatten Flächen ohne Zähnelung berühren) wurde derartig angeschliffen, dass jede Branche einen möglichst scharfen Meissel darstellte. Wurde die Pinzette geschlossen, so legten sich die beiden Schneiden zu einer einzigen aneinander, der durch Abrundung der seitlichen Ecken die Gestalt eines Halbkreises gegeben wurde. Ich besass eine kleinere derartig zugerichtete Pinzette, und eine grössere für kleinere und grössere Vögel. Das Loch, das ich in den knöchernen Bogen brach, hatte etwa die Gestalt eines Ovals, dessen grosser Durchmesser in der Richtung der Axe des Bogens lag. Möglichst nahe dem einen (kurzen) Rande dieses Loches wurde die Pinzette in geschlossenem Zustande in den Bogen eingeführt und dabei so gehalten, dass die Schneide quer zu seiner Axe gerichtet war. Bei geringem Druck gegen den Knochen und einigen Bewegungen der Pincette in der Ebene ihrer Schneide musste der häutige Bogengang zwischen Knochen und Schneide gefasst und zerschnitten werden. Das Verfahren erhält aber erst seine ganze Sicherheit durch die nun folgende Manipulation. Die Pinzette wird nämlich jetzt nach dem nahen Knochenrand hin geneigt, also in einer Ebene, die rechtwinklig auf der Ebene der Schneide steht und dadurch wird die eine Branche, und zwar diejenige, die bei der Neigung der Pinzette nach oben kommt, um

ein ganz Geringes gehoben[1]). Es kommt dabei nicht zu einem wirklichen Abheben der Branche von dem häutigen Bogen, sondern nur zu einer Verringerung des Druckes, den diese Branche auf die Unterlage ausübt. Nun lässt man ganz allmählich mit dem Fingerdruck nach, der die Pinzette geschlossen hält und indem dabei mehr und mehr die Federkraft derselben frei wird, kommt es schliesslich zum Abgleiten der mehr nach oben liegenden Branche. Sie gleitet über den Knochen (den Boden des Canals), während die andere Branche an ihrer Stelle verharrt und schiebt den durchtrennten häutigen Canal dabei vor sich hin. Sollte nun auch dieser letztere noch nicht überall durch die ersten Bewegungen der Pinzette durchschnitten worden sein, so wird er bei diesem Manoeuvre sicher durchrissen. Die Pinzette wird dann herausgezogen, wobei man darauf zu achten hat, dass beide Branchen einfach abgehoben werden, so dass keine Verschiebungen des Canals mehr eintreten können. Ich wiederhole diese Procedur des Oeffnens der Pinzette im Ganzen 3 mal, wobei ich immer von demselben Standort der geschlossenen Pinzette ausgehe, aber derselben jedesmal eine andere Neigung in der Ebene der Schneide gebe. In jeder dieser Lagen neige ich sie erst wieder, damit die eine Branche gehoben wird und abgleiten kann. Die verschiedenen Haltungen der Pinzette in der Ebene der Schneide dienen dazu, um das erste Mal mit Sicherheit die mittleren Partien des Canals, die beiden andere Mal die beiden Randpartien, falls irgendwelche Verbindungen stehen geblieben sein sollten, zu durchtrennen. Jetzt wird es auch verständlich sein, weshalb oben angegeben wurde, die Pinzette solle möglichst dicht an den einen Rand der ovalen Knochenöffnung eingesetzt werden. Es muss eben möglichst viel Platz für die gleitende Bewegung der oberen Branche bleiben und sollte dieses Stück mindestens 0,5 mm gross sein. Die andere Branche soll möglichst nahe dem Knochenrand sein, darf ihn aber nicht berühren. Es muss noch der minimale Spielraum dazwischen bleiben, der nöthig ist, um

1) Wenn die beiden Schneiden der Pinzette zusammen wirklich genau nur wieder eine einzige Schneide bildeten, so würde es allerdings zu keiner Hebung der einen Branche kommen. Der Erfolg wäre aber auch dann noch derselbe, indem beim allmählichen Oeffnen der Pinzette die nach oben liegende Branche auch in diesem Falle weniger Reibung zu überwinden hätte und die allein gleitende sein würde.

die Pinzette nach dieser Seite hin neigen zu können, während die Schneide unverrückt auf dem Boden des Canals verharrt.

Die Sicherheit dieser Methode ist so gross, dass mir nach einigen einübenden Versuchen keine einzige Durchtrennung mehr missglückt ist d. h. ich habe niemals nach der Operation einen unzertrennten Rest des häutigen Canals gefunden, wenn ich, was stets geschah, mit einem feinen Häkchen einging und danach suchte. Ich halte aber auch diese Art den häutigen Canal zu durchtrennen für die schonendste aller einfachen Methoden, denn wie man leicht einsieht, wird dabei jede Zerrung vermieden. Die gleitende Branche schiebt das ihr entsprechende Ende des Canals zurück, kann also unmöglich an ihm ziehen, auf das andere Ende des Canals kann sie aber nicht wirken, weil dies durch die feststehende Branche fixirt wird. Nur bei gar zu schmalen Branchen im Verhältniss zur Breite des Canals könnte es passiren, dass die feststehende Branche nur einen Riss in den häutigen Canal seiner Länge nach herbeiführt, während er von der gleitenden Branche fortgezogen wird. Damit diese Möglichkeit eintreten kann, müssten aber die vorangehenden schneidenden Bewegungen der Pinzette einen sehr unvollkommenen Erfolg gehabt haben. Man vermeidet überdies solche Risse mit aller Sicherheit, wenn die Schneiden der Pinzette beinahe so breit wie der knöcherne Canal selbst sind. Wer viele Durchschneidungen mit anderen Methoden gemacht hat und dann diese anwendet, wird durch die Geringfügigkeit und grössere Constanz der Symptome von ihren Vorzügen überzeugt werden.

Tauben.

Da diese Vögel so leicht zu bekommen sind, benutzte ich eine grössere Zahl derselben, um mich mit der Operationstechnik vertraut zu machen und die Constanz der Folgeerscheinungen nach der oben geschilderten Operationsmethode zu prüfen. An diesen Thieren sammelte ich auch die Erfahrungen, die mich noch zu folgenden bei allen operirten Vögeln angewandten Vorsichtsmaassregeln führten. Erstens operirte ich stets beide externi in einer Sitzung, so dass Beobachtungen der Folgen einer einseitigen Operation ganz ausgeschlossen blieben. Man überzeugt sich unschwer an Tauben, wie schwankend die Folgen nach einseitiger Zerstörung sind im Vergleich mit den viel constanteren Störungen nach doppelseitiger Operation. Ich halte dies Verhalten der Thiere für

leicht erklärlich, wenn man annimmt, dass Geschicklichkeit und Anstrengung, die individuell jedenfalls sehr verschieden sind, die Störungen nach einseitiger Verletzung theilweise compensiren können, aber nur in viel geringerem Grade nach doppelseitigen Zerstörungen. Dann gebrauchte ich die Vorsicht, bald mit dem rechten bald mit dem linken Bogen bei der Operation zu beginnen. Dies war geboten, weil die Störungen zum Theil auf die zuletzt operirte Seite Bezug nehmen. Schliesslich kam es darauf an, bei allen Thieren eine gleiche Zeit nach der Operation die Beobachtungen anzustellen und dafür den geeignetsten Zeitpunkt zu wählen. Ich beobachtete die Thiere zweimal, nämlich wenn eine Stunde nach der Operation verflossen war und nach 24 Stunden.

Nach einer Stunde sind die ersten secundären Erscheinungen der Operation, die durch das Fixiren, Freilegen der Bögen, Nähen der Wunden etc. bedingt sind, bereits völlig verschwunden und nach 24 Stunden ist die zweite Reihe von Störungen, die nachträglich durch die Verletzung der Bögen verursacht wird, noch nicht eingetreten. Schon am 3. Tage sieht man zuweilen das Erscheinen der secundären Symptome[1]), z. B. dauernde Schiefstellung des Kopfes, und ich durfte deshalb die Beobachtungen nicht weiter als bis zum 2. Tage hinausschieben.

Die beiden Beobachtungen sind nur als maassgebend benutzt worden, wenn sie unter sich völlig gleich waren. Häufig habe ich die Thiere noch lange Zeit weiter beobachtet, dann aber die späteren Beobachtungen nicht mehr für diese Abhandlung benutzt. Von allen wichtigeren Thieren wurde die Section gemacht, die in allen Fällen die vollständige Durchtrennung der beiden externi bestätigte. Bei einer Gans fand sich bei dieser Gelegenheit, dass eine nachträgliche Blutung entstanden war, was mich veranlasste, dies Thier aus den Protokollen zu streichen, obgleich die Blutung keine besonderen Störungen bewirkt zu haben schien.

Die Störungen bei Tauben waren folgende:

S t e h e n: das Thier steht etwas geknickt d. h. das Kniegelenk und das Fussgelenk (Gelenk zwischen tibia und tarso-metatarsus) sind stärker als vor der Operation flectirt, wodurch das Thier weniger hoch auf den Füssen steht und folglich der Leib

---

1) Die secundären Symptome werden in einer späteren Abhandlung ausführlich besprochen werden.

näher dem Fussboden kommt. Der Schwanz ist nach unten gebeugt, berührt aber noch nicht den Boden. Der Hals ist stärker als vor der Operation gekrümmt und dadurch der Kopf näher den Schultern. Hier und da bewegt sich der Kopf und dann immer in der horizontalen Ebene und um eine Axe, die etwa das Occiput tangiren würde.

Gehen: Die Thiere machen selten einige Schritte ohne äussere Veranlassung. Stellt man sie irgendwo hin, so pflegen sie allerdings zunächst 2 oder 3 Schritte zu machen, dann aber bleiben sie dort so lange ruhig stehen bis ein neuer Reiz sie trifft. Diese ersten Schritte fasse ich als Folge des Reizes auf, der mit dem Anfassen und Halten des Vogels verbunden ist. Um das ruhig dastehende Thier zum Gehen zu bringen sind sogar ziemlich starke Reize nöthig. Man kann sagen, die Thiere bewegen sich ungern. Eine Annäherung der Hand, selbst leises Berühren der Federn bringt sie nicht aus der Ruhe, während die scheuen Thiere vor der Operation unter solchen Umständen schnell davonliefen. Beim Gehen treten die seitlichen Bewegungen des Kopfes stärker hervor, haben jedoch keine Regelmässigkeit und bleiben häufig während der Zeit vieler Schritte ganz aus. Dabei sind sie etwas modificirt durch die bei jedem Schritt auftretende normale Stossbewegung des Kopfes nach vorn. Gewöhnlich gehen die Thiere gerade aus, doch drehen sie auch häufig etwas, d. h. im grossen Kreise, nach der zuletzt operirten Seite hin. Nie habe ich ein krankhaftes Drehen nach der anderen Seite beobachtet. Wenn sie wollen, können sie sich aber immer nach beiden Seiten bewegen. Ein sehr auffallendes Symptom ist dann ferner, dass sie beim Gehen zuweilen (etwa beim 10.—20. Schritt) mit einem Bein einknicken und dadurch nach der Seite dieses Beins fallen. Es kommt dabei zu keinem vollständigen Falle, denn es wird schnell ein neuer Schritt gemacht, aber der Körper schwankt doch deutlich und der Flügel derselben Seite wird zur Erhaltung des Gleichgewichts schnell gegen den Boden bewegt. Ist dies Symptom deutlich, so ist es immer auf der zuletzt operirten Seite zu sehen, ist es nur sehr schwach vorhanden und muss man die Tauben zu sehr schnellem Gehen veranlassen um es überhaupt beobachten zu können, so kann es auf beiden Seiten auftreten.

Fliegen: Nur durch sehr starke Reize sind die Thiere zum Auffliegen zu bringen. Man muss in die Hände klatschend und

schreiend hinter ihnen her laufen und sie jagen. Fliegen sie dann auf, so erheben sie sich höchstens 2 Meter und dabei sind zwei verschiedene Störungen zu beobachten. Erstens tritt hier wieder wie beim Gehen ein Drehen im grossen Kreise um eine verticale Axe auf, wobei auch hier die Drehung immer nach der zuletzt operirten Seite hin stattfindet. Zweitens kommt es immer zu einer Rotation um die Längsaxe des Thieres, denn der Flügel der zuletzt operirten Seite kommt mit jedem Flügelschlag tiefer zu stehen. Hat diese Drehung einen gewissen Grad erreicht (etwa 60°), so hört das regelmässige Fliegen auf, die Flügelschläge der beiden Seiten werden nicht mehr synchron ausgeführt, es kommt zu einem unregelmässigen und verworrenen Flattern, wobei auch einzelne Flügelschläge der einen oder der anderen Seite ganz auszubleiben scheinen. Das Thier sinkt so zum Boden, den es in einer mehr weniger unglücklichen Lage erreicht, und indem es sich nun anstrengt, wieder regelrecht auf die Füsse zu kommen, treten die heftigsten Störungen ein. Jetzt werden die Kopfbewegungen so stark und andauernd, dass man sie als pendelartiges Kopfschleudern bezeichnen kann, jetzt arbeiten mit grösstem Kraftaufwand Beine und Flügel, Hals und Schwanz, es kommt zu Ueberschlagungen, die meist um die Längsaxe erfolgen und erst nach einiger Zeit gelingt es dem Thiere wieder auf den Füssen zu stehen. Damit hören aber auch diese Bewegungen momentan auf. Ihre Stärke und Dauer wird durch die Heftigkeit, mit der die Taube auf dem Boden aufschlägt, bedingt und wechselt daher sehr. Zuweilen fehlen sie ganz, wenn nämlich die Taube langsam zu Boden kommt und sich dabei die Füsse unter dem Körper befinden, so dass sie sofort stehen kann. Da übrigens die ungeheuren Anstrengungen dem Thier sehr schaden, so habe ich sie immer am Tage der Operation möglichst vermieden und die Taube sofort ergriffen und festgehalten, sobald sie auf den Boden gefallen war.

Vom Fliegen können wir also sagen: nur die ersten 3—5 Schläge sind annähernd normal, ein längeres Fliegen ist völlig unmöglich.

Sperlinge und Kanarienvögel.

Diese Thiere sind durch ihre hüpfende Gangart sowie durch die ausserordentliche Geschicklichkeit, mit der sie von Ast zu Ast springen und auf der schwanken Unterlage balanciren können, ausgezeichnet. Dabei sind sie zugleich sehr gewandt im Fliegen.

Hüpfen: Die Störungen sind viel auffallender als die beim Gehen der Tauben. Die Thiere knicken häufig mit einem Bein ein, sowohl mit dem der zuletzt operirten Seite wie auch mit dem andern, freilich häufiger mit ersterem. Sehr bald tritt eine Ermüdung ein. Die Thiere sind dann schwerer zum Forthüpfen zu veranlassen und knicken dann noch viel häufiger um als vorher.

Springen: Sehr interessant ist das Springen auf einen Ast zu beobachten. Der Sprung ist anfänglich immer zu kurz, und der Körper fällt vor dem Ast herab. Die Füsse haben dabei die Stange oder den Ast schon erfasst, aber der Körper ist nicht genügend weit vorwärts gekommen, um das Gleichgewicht über der Stange zu finden. Nach dem Fall auf den Boden treten dieselben stürmischen Bewegungen auf, wie sie bei den Tauben beschrieben wurden.

Fliegen: Ein Auffliegen vom Boden ist ganz unmöglich geworden. In die Luft geworfen flattern die Thiere sehr heftig, fallen aber fast senkrecht zu Boden, worauf es dann zu den stürmischen Bewegungen kommt. Beim ruhigen Stehen bieten sie dieselben Erscheinungen dar, wie sie bei den Tauben beschrieben sind.

Schwalben.

Wegen ihres vorzüglichen Flugvermögens war es mir von grösster Wichtigkeit, die Operation an Schwalben auszuführen. Leider starben mir die meisten Thiere bevor ich sie noch operiren konnte. Von den operirten starben wieder zwei wenige Stunden nach der Operation und nur 2 konnte ich einige Tage am Leben erhalten.

Fliegen: Das auf der Stange sitzende Thier wird auch durch die stärksten Bedrohungen zu keinem Flügelschlag veranlasst. Ein Auffliegen wird also nicht einmal versucht. Wirft man das Thier in die Luft, so sind die Flügelbewegungen noch weit abnormer und unregelmässiger als bei den Sperlingen. Die Schwalben fallen direct zu Boden, indem sie sich beim Fallen durch die Luft beständig überschlagen.

Raben.

Wir finden bei diesen Vögeln dieselben Fähigkeiten ausgebildet wie bei den Sperlingen: Hüpfen, Springen und Fliegen. Die Störungen dieser Bewegungen werden aber etwas durch die höheren Beine einerseits und durch den grösseren Körperbau anderseits modificirt.

Stehen: Die abnorme Beugung im Knie- und Fussgelenk ist sehr deutlich, desgleichen das Senken des Schwanzes. Die horizontalen Kopfbewegungen sind minimal.

Gehen und Hüpfen: Hier sind die Störungen stärker als beim Sperling und es kommt zuweilen zum völligen Umfallen auf eine Seite. Ein Unterschied zwischen beiden Seiten tritt nicht deutlich zu Tage.

Springen: Immer fällt der Sprung zu kurz aus. Sehr merkwürdig sieht es aus, wenn die Krallen bereits die Stange ergriffen haben und nun nicht loslassen, während der Körper herabfällt. Der Rabe hängt dann für eine ganz kurze Zeit an der Stange und lässt sich erst nach Verlauf dieser herabfallen. Auch diese Störungen sind also hier deutlicher als beim Sperling.

Fliegen: Der langsame Flügelschlag des Raben leidet auffallend wenig. Auf starke Reize fliegt er auf und kommt auch leidlich wieder auf den Boden zurück. Die Störungen sind entschieden schwächer als beim Sperling, ja schwächer als bei der Taube.

Hühner.

Bei Hühnern und Gänsen ist die Operation recht schwer gut auszuführen. Ich habe sie deshalb erst sehr oft an der Leiche geübt, bevor ich mich an die lebenden Thiere gewagt habe. Die Störungen sind bei Hühnern sehr gering.

Stehen: Es wird nichts Abnormes bemerkt.

Gehen: Auch die Hühner zeigen eine gewisse Abneigung sich nach der Operation zu bewegen, doch ist der ruhige Gang völlig normal. Beim

Laufen kommt es, wenn auch selten, zum Einknicken mit einem Fuss und zum Fallen nach dieser Seite; dabei tritt wieder die Reihenfolge der Operationen zu Tage, indem das Einknicken nur auf der zuletzt operirten Seite statt hat.

Fliegen: Abgesehen davon, dass die Thiere nicht von selbst aufflogen, auch wenn ich sie durch einen Hund jagen liess, konnte ich keine besondere Störung wahrnehmen. Auch vor der Operation kamen die Hühner beim Herabfliegen aus einer Höhe von nur 2—3 Metern unsanft auf dem Boden an, nach der Operation stiessen sie noch heftiger mit der Brust auf den Boden auf, aber die Flügelbewegungen schienen unverändert.

Gänse.

Stehen, Gehen und Laufen sind nach der Operation ganz unverändert. Schwache Bewegungen des Kopfes, die unmittelbar nach der Operation sich zeigten, sind zur definitiven Beobachtungszeit, eine Stunde nach der Operation, schon nicht mehr zu bemerken.

Fliegen: Bei den Prüfungen vor der Operation flogen die Thiere schon sehr ungern auf. Um sie dazu zu bringen musste ich sie mit Zuhilfenahme eines Hundes jagen. Waren sie einmal in der Luft, so flogen sie gut, stiessen aber beim Erreichen des Bodens hart mit der Brust gegen denselben. Nach der Operation brachte ich sie nicht mehr zum Auffliegen und wenn sie in die Luft geworfen, herabkamen, so stiessen sie wohl noch schwerer als sonst auf den Boden auf. Am eigentlichen Fliegen in der Luft war aber gar keine Störung zu beobachten.

Schwimmen: Zu diesen Prüfungen wurden die Gänse in ein im Garten befindliches grosses Bassin gesetzt, das 3 Meter im Durchmesser hat. Ich konnte nach der Operation keine Störung beim Schwimmen bemerken und trat auch keine Neigung zum Schwimmen nach einer Seite auf.

Besprechung der Resultate.

Die folgende Tabelle macht die gewonnenen Resultate sehr übersichtlich.

Störung.	Fliegen.	Springen.	Hüpfen.	Gehen.	Schwimmen.	Stehen.
sehr stark	Schwalbe					
stark	Sperling	Rabe				
mittel	Taube Rabe	Sperling	Rabe Sperling			
schwach	Huhn			Rabe Taube Huhn		
verschwindend	Gans			Gans	Gans	Rabe Huhn Sperling Taube Gans

Wie die erste Columne angiebt sind die Störungen, die nach der Operation sich zeigten, in eine Anzahl Grade eingetheilt worden. Die oberste Reihe der Tabelle enthält also die Thiere, an denen die stärksten Störungen wahrgenommen wurden, und dann nehmen mit jeder tieferen Reihe die Störungen ab, bis sie in der letzten verschwindend geworden sind. Auch wo innerhalb derselben Reihe mehrere Thiere aufgezählt wurden, bestimmte der Grad der Störungen die Reihenfolge, doch handelt es sich dann in diesem Falle nur um geringere Unterschiede. Allgemein nimmt also in der Tabelle von oben nach unten die Intensität der Störungen ab.

Von links nach rechts entsprechen die Columnen den verschiedenen Bewegungsformen, die so zu einer Reihe angeordnet sind, dass in der Richtung nach rechts bei jeder folgenden Bewegungsform das Gleichgewicht leichter zu behaupten ist. Die Reihe beginnt daher mit dem Fliegen. Wenn der thierische Körper wie beim Fliegen gar keinen festen Stützpunkt mehr hat und nur durch beständige Muskelbewegungen getragen wird, so muss auch die Erhaltung des Gleichgewichts eine besonders schwierige sein. Ein nur wenig zu starker oder zu schwacher Flügelschlag auf der einen oder der anderen Seite wird das Thier gleich ganz aus dem Gleichgewicht bringen und so schnell, dass eine Correction durch die nachfolgenden Flügelschläge nicht mehr möglich ist. Es ist deshalb auch als erschwerender Umstand die Gleichzeitigkeit der rechten und linken Flügelschläge zu betrachten; wären sie alternirend, so würde ein Ausgleich einer ungenauen Bewegung leichter zu Stande kommen können. Auch die Schnelligkeit, (Häufigkeit), mit der die Flügelschläge ausgeführt werden, erschwert ein genaues Einhalten des richtigen Kraftaufwandes und ein Vogel mit schnellem Flügelschlag wird schwerer gegen Gleichgewichtsstörungen zu kämpfen haben als ein Vogel mit langsamem Schlage. In der That kann man sich hiervon sehr leicht durch Stutzen der Flügel überzeugen.

Man stutze einem Sperling nur einen Flügel. Indem man mit wenig anfängt und dann allmählich mehr und mehr abschneidet und immer dazwischen Flugproben anstellt, kommt man bald zu dem Grad der Asymmetrie der beiden Flügel, der dem Sperling das Fliegen unmöglich macht. Man mache jetzt denselben Versuch mit einem Raben und vergleiche dann seinen Flügeldefect mit dem

des Sperlings. Auch ohne genaue Ausmessungen zu machen kann man sich leicht davon überzeugen, dass das Verhältniss der Fläche des beschnittenen Flügels zu der des unbeschnittenen bei beiden Thieren ein anderes ist. Der Rabe hat relativ viel mehr verloren als der Sperling, und war daher bei relativ gleicher Asymmetrie der Flügel weniger unbeholfen als dieser. Er hat aber auch einen bedeutend seltneren Flügelschlag und kann daher viel leichter den fehlerhaften Erfolg eines Flügelschlages durch den folgenden corrigiren,

Unter „Springen“ verstehe ich die einzeln ausgeführte Sprungbewegung, wie z. B. das Springen von einem Ast zum andern, unter „Hüpfen“ dagegen die hüpfende Gangart, wie sich die Sperlinge auf der Ebene fortbewegen. Zum Unterschied von dieser letzteren Bewegungsform werden beim „Gehen“ die beiden Beine alternirend gebraucht.

Mit der Reihenfolge, in die ich in Bezug auf die Schwierigkeit das Gleichgewicht zu erhalten die bisher besprochenen 3 Bewegungsformen gebracht habe, wird wohl jeder einverstanden sein, ebenso damit, dass das Stehen als negative Bewegungsform die letzte Stelle in der Tabelle einnimmt. Nur über die Stellung die das „Schwimmen“ nach dem Gehen bekommen hat, könnten wohl die Meinungen getrennt sein. Man darf aber nicht vergessen, dass die Vögel auf dem Wasser von selbst, d. h. ohne jede Muskelbewegung schwimmen und dass sie die Ruderbewegungen der Füsse nur dazu gebrauchen um von der Stelle zu kommen. Eine feine Abstufung dieser Bewegungen ist daher nicht nöthig. Erst wenn es darauf ankommt, ein bestimmtes Ziel schwimmend zu erreichen, wird eine genaue Regulirung der Ruderbewegungen nothwendig. Wenn man aber bedenkt, dass auch in diesem Falle die Bewegungen langsam vor sich gehen und dass sie überdies alternirend geschehen können, wodurch eine nachträgliche Compensirung fehlerhafter Muskelanstrengungen möglich wird, so wird man es für gerechtfertigt halten, dass das Schwimmen in der Tabelle erst nach dem Gehen kommt. Freilich geschehen beim Gehen die Bewegungen auch nur langsam und sind ebenfalls alternirend, aber der Körper hat dabei nicht die breite Unterstützungsfläche wie beim Schwimmen, sondern nur diejenige der beiden Füsse; während der meisten Zeit sogar nur die von einem Fuss.

In die Tabelle sind also die Namen der untersuchten Vögel so eingetragen, dass man aus ihrer Stellung sogleich die Grösse der

Störung bei den beobachteten Bewegungsformen ersieht, und man erkennt auf den ersten Blick, dass die Störungen beim Fliegen am grössten sind, beim Springen, Hüpfen u. s. w. allmählich abnehmen, um beim Stehen verschwindend klein zu werden. Auch wenn wir die Störungen bei demselben Vogel aber bei verschiedenen Bewegungsformen betrachten, finden wir sie immer beim Fliegen am grössten und dann in der Reihe der anderen Bewegungsformen abnehmend. Nur der Rabe macht von dieser Regel eine Ausnahme. Die Störungen beim Springen waren deutlich grösser als beim Fliegen. Ich erkläre mir diesen Umstand dadurch, dass der Rabe sehr langsame Flugbewegungen macht, aber ein sehr kühner Springer ist und zu diesen Sprüngen von Ast zu Ast, einer feineren Abstufung der Muskelbewegungen bedarf als zum Fliegen.

Vergleicht man schliesslich die verschiedenen Vögel untereinander, die in ein und derselben Columne, z. B. in der des Fliegens eingetragen sind, so sieht man die Störung desto stärker auftreten, je mehr Geschicklichkeit der betreffende Vogel bei dieser Bewegungsform an den Tag legt und je schwieriger es daher für ihn ist, das Gleichgewicht dabei zu behaupten. Bei der Schwalbe, die im raschen Fluge die kleinen Insekten hascht, sind die Störungen viel bemerkbarer als bei der Taube, die diese Gewandtheit im Fliegen nicht besitzt, beim Huhn und bei der Gans sind sie aber wieder viel geringer als bei der Taube.

Ich stehe daher nicht an als Resultat der oben beschriebenen Untersuchungen folgenden Satz aufzustellen: Macht man an den Bögen immer die gleiche Verletzung, so sind die darauf eintretenden Störungen bei den Vögeln desto grösser, je schwerer es für die verschiedenen Thiere bei Ausübung der beobachteten Bewegungsform normaler Weise ist, das Gleichgewicht zu behaupten und je feiner sie daher ihre Muskelbewegungen dabei abstufen.

Dieser Satz darf vielleicht auf alle Thierklassen ausgedehnt werden. Im Anfang dieser Mittheilung wurde bereits von dem Unterschied gesprochen, den Vögel, Säuger und Fische im Allgemeinen nach Verletzungen der Bögen darbieten. Dass die Hunde, Katzen und Kaninchen, an denen man meist die Operationen ausführte, vermöge ihrer 4 weit von einander entfernten Unterstützungsflächen geringere Störungen zeigen als die Vögel, spricht für die

Verallgemeinerung meiner Resultate. Auch die an Fischen gemachten Erfahrungen möchte ich hierfür in Anspruch nehmen. Man könnte indess dagegen einwenden, dass die Fische ihre schnellen Bewegungen mit besonders grosser Geschicklichkeit und Präcision ausführen und deshalb auch entsprechend starke Störungen zeigen müssten. Ich gebe aber zu bedenken, wie günstig für den Fisch die Bedingungen liegen, um sich im Wasser fortzubewegen. Man muss nicht nur das Resultat der Bewegung im Auge haben, sondern auch die Gleichgewichtsbedingungen abwägen, unter denen sich das Thier fortbewegt. Hiermit komme ich noch einmal auf die Schwierigkeit des Schwimmens zu sprechen, die für den Vogel schon oben pag. 480 mit wenigen Worten erläutert wurde, als es sich um die Stellung, die das Schwimmen unter den übrigen Bewegungsformen der Vögel einzunehmen hat, handelte. Wie der Vogel so schwimmt auch der Fisch schon von selbst, ohne Muskelbewegungen machen zu müssen. Wenn man des Nachts einen Fisch in einem Glasgefäss beobachtet, so überzeugt man sich leicht von seiner Fähigkeit, ohne Bewegungen zu schwimmen. Zwar laufen über die Bauchflossen meist ganz kleine wellenförmige Bewegungen ab, und es könnte scheinen, als ob sie zur Erhaltung des Gleichgewichts dienten; wenn man diese Bewegungen also durch Abschneiden der Flossen unmöglich gemacht hat, so schwimmt — d. h. in passiver Bedeutung des Worts — der Fisch noch ebenso gut wie vorher. Besonders schön lässt sich dies ruhige Schweben im Wasser bei dem „Stehen“ der Hechte beobachten, bei denen es auch ohne Weiteres einleuchtet, dass die kleinen Bewegungen der Flossen viel zu schwach sein würden, um den grossen Körper im Gleichgewicht zu erhalten, falls die statischen Bedingungen beim lebenden Thier dieselben wären wie bei dem todten. Wenn aber der todte Fisch auf der Seite schwimmt, so kann dies nicht daran liegen, dass er keine Bewegungen zur Erhaltung des Gleichgewichts mehr machen kann, sondern es muss sein Schwerpunkt verrückt und sein specifisches Gewicht verringert worden sein. Es ist hierbei für unsere Frage gleichgiltig, wie weit die Veränderungen beim todten Fisch durch Muskelerschlaffung herbeigeführt werden, denn wir haben oben nur behauptet, dass ein Fisch ohne Muskelbewegungen schwimmen könne, nicht dass dies auch ohne Muskelanstrengung geschähe.

Der lebende Fisch befindet sich im stabilen Gleichge-

wicht und es liegt sein Schwerpunkt senkrecht unter dem Volumenmittelpunkt. Für ihn sind also die Gleichgewichtsbedingungen für die Locomotion die denkbar günstigsten. Jede Bewegung, wenn sie nicht gar zu anormal ist, wird ihn ohne Verlust des Gleichgewichts vorwärts bringen und eine feine Abstufung der Muskelcontractionen wird erst dann nöthig sein, wenn bestimmte Forderungen durch die Bewegung erfüllt werden sollen, wenn z. B. im raschen Dahinschiessen schwierige Hindernisse umgangen werden müssen oder ein kleiner Bissen erhascht werden soll. Ob Fische mit verletzten Bögen hierzu noch im Stande sind, geht aus den bis jetzt vorliegenden Arbeiten nicht hervor, dass sie aber bei der einfachen Fortbewegung im Wasser keine Störungen zeigen, scheint mir in Anbetracht der geschilderten Verhältnisse für die Verallgemeinerung meiner an den Vögeln gefundenen Resultate zu sprechen.

Es scheint der Satz, dass je feiner normaler Weise die Regulirung der Muskelbewegungen ist, desto grössere Störungen nach Verletzung der Bögen auftreten, nicht nur im besten Einklang mit der Goltz'schen Theorie des statischen Sinnesorgans zu stehen, sondern sie sogar direct zu bestätigen. Aber dies ist doch nur der Fall, wenn man die eintretenden Störungen ganz oder auch nur theilweise als Ausfallserscheinungen auffasst. Denn sind es nur Reizerscheinungen, so können ja die Ausfallserscheinungen, die doch in letzter Instanz allein maassgebend sind, ganz anderer Natur sein. In der That glaube ich im nächsten Abschnitt mit Hilfe meines Verfahrens, die Bögen zu plombiren, beweisen zu können, dass der Functionsausfall nach gänzlicher oder theilweiser Ausschaltung der Bögen nicht in einer directen Störung des Gleichgewichts oder der Coordination besteht. Schon Schiff hat als erster nach Durchschneidung des Acusticus die Flourens'schen Störungen vermisst. Ich werde aber auch wahre Ausfallserscheinungen beschreiben und zwar bestehen diese hauptsächlich in einer Abnahme der absoluten Kraftäusserung aller quergestreiften Muskeln.

Trotzdem werden die oben geschilderten, mit so constanter Regelmässigkeit und so grosser Gesetzmässigkeit auftretenden Reizerscheinungen zur Erklärung der Functionen der Bögen nicht entbehrt werden können.

Der Zuckergehalt des Magen-Darminhaltes bei Ernährung mit stärkemehlhaltigen Nahrungsmitteln.

Von

Ellenberger und **Hofmeister**
in Dresden.

In einem „Beitrag zur Kenntniss der Umwandlung der Kohlehydrate im Magen und Darmkanale“ überschriebenen Artikel von Seegen (diese Zeitschr. Band XL. S. 38) findet man unter Anderem folgende aus den Ergebnissen der zu anderen Zwecken angestellten Versuche gezogene Schlussfolgerung:

„Ueberraschend ist es, dass selbst bei der reichsten Stärkefütterung und bei verschiedenartigster Form, in welcher sie den Thieren geboten wird, im Magen und Dünndarm doch nur verhältnissmässig kleine Mengen von den Umwandlungsproducten resp. Dextrin oder Zucker vorhanden sind. Etwas ähnliches hat Schmidt-Mühlheim bezüglich der Producte der Eiweissverdauung gefunden. Die Menge der im Magen vorhandenen gelösten und verdauten Eiweissstoffe war zu allen Zeiten der Verdauung annähernd dieselbe. Es scheint, dass in dem Maasse, als die löslichen Verdauungsproducte sich bilden, auch eine Resorption derselben sich vollzieht, so dass eine Anhäufung der Verdauungsproducte im Magen und Darmkanal nie stattfindet.“

Die vorstehend wörtlich citirten Auslassungen des Herrn Verfassers, welche sich auf eine geringe Anzahl von Experimenten stützen, sind nach unserer Ansicht nicht ganz zutreffend, wenigstens nicht für herbi- und omnivore Thiere und demnach jedenfalls auch nicht für den Menschen. Namentlich können die von Schmidt-Mühlheim an Hunden bei Fleischnahrung gemachten Beobachtungen über den sich gleichbleibenden Peptongehalt des Mageninhaltes deshalb nicht auf den Zuckergehalt desselben bei einer, Amylaceen enthaltenden Nahrung bezogen werden, weil sich nach unseren Untersuchungen der Zuckergehalt des Mageninhaltes keineswegs gleich bleibt, vielmehr im Gegentheil nach den Verdauungs-

zeiten bedeutend wechselt. Sehr grosse Anhäufungen von Zucker, der übrigens schwer diffundirt, also nicht sehr leicht resorbirt wird, kommen trotzdem im Magen nicht vor. Dies hindert die Resorption, die Milchsäuregährung und der Uebergang nach dem Darm. Immerhin beweisen unsere Versuche, dass der Zuckergehalt des Mageninhaltes keineswegs unbedeutend ist. In unserem Laboratorium sind 1, 2, 3, $3^1/_2$% resp. 30—150 gr Zucker (ganz abgesehen von der löslichen Stärke und den Kupfer nicht reducirenden Dextrinarten) im Magen des Pferdes und 0,6—0,8% im Magen des Schweines gefunden worden, Mengen, die nicht als unbedeutende zu bezeichnen sind.

In Bezug auf den Wechsel des Zuckergehaltes des Mageninhaltes haben unsere Untersuchungen[1]) ergeben, dass derselbe bei Schweinen und Pferden während und unmittelbar nach der Mahlzeit ein geringer ist (0,1—0,2%), dann aber ansteigt und sich je nach der Thierart und Grösse der Mahlzeit bis zur 4., selbst 6. Stunde auf ziemlich bedeutender Höhe erhält, um dann wieder abzusinken (auf 0,1—0,3%). Den höchsten Zuckergehalt constatirt man 1—$1^1/_2$ Stunde nach der Mahlzeit, bei Pferden 1—$3^1/_2$% oder 30—150 gr Zucker und beim Schwein 0,8%. Diese Mengen erhöhen sich noch bedeutend, wenn man den Zucker nach Nasse als Ptyalose (mit halb so starkem Reductionsvermögen als Traubenzucker) auffassen wollte. Dazu kommen noch bedeutende Mengen löslicher Stärke und Dextrinarten, vor allem die aus dem Zucker durch Gährung entstandene Milchsäure, die oft zu 1—$1^1/_2$% vorhanden ist. Die Zuckermenge, welche man in den ersten Stunden der Verdauung im Magen findet und die Länge der Zeit, während welcher grössere Zuckermengen im Magen anzutreffen sind, resp. auch der Zeitpunkt, zu welchem die grösste Zuckermenge zugegen ist, muss, wie erwähnt, sowohl nach der Thierart, wie nach der Art und der Menge der Amylaceennahrung verschieden sein. In ersterer Beziehung wissen wir z. B., dass der Speichel des Menschen und auch der des Schweines ein viel bedeutenderes amylolytisches resp. saccharificirendes Vermögen be-

---

1) Ellenberger und Hofmeister, Die Magenverdauung des Pferdes, Archiv für wiss. u. pr. Thierheilk. VIII. S. 395. Dieselben: Die Magenverdauung der Schweine, ibid. Bd. XII, S. 126.

2) Goldschmidt, Die Magenverdauung des Pferdes, Zeitschrift für physiol. Chemie X, S. 361.

sitzt als der Speichel des Pferdes, und dass die genannten Thierarten verschieden grosse Mägen mit verschieden grossen Fundusdrüsenregionen besitzen. Es ist aber selbstverständlich, dass die Grösse des Magens und namentlich die Grösse der Fundusdrüsenregion, als der Salzsäurequelle, über die Dauer der Zuckerbildung entscheidet. Ist die Säurequelle gross, wird also rasch viel Salzsäure producirt, dann ist das amylolytische Stadium kurz, die producirte und angehäufte Zuckermenge gering. In Bezug auf die Art der Nahrung ist bekannt, dass die Stärkearten, wenn sie roh verabreicht werden, in sehr verschiedenem Grade der Speichelwirkung zugänglich sind, dass z. B. die Gerstenstärke sehr viel schneller verdaut wird, als die Kartoffelstärke. Weiterhin haben wir nachgewiesen, dass bei der Verabreichung roher Körner (z. B. von Hafer, also wahrscheinlich auch von Reis) die Amylaceenverdauung nicht nur unter Wirkung des Speichel-, sondern auch unter Wirkung eines in den Nahrungsmitteln enthaltenen diastatischen Fermentes erfolgt, während andererseits wieder bei Nahrungsmitteln, die gekocht verabreicht werden, die durch das Kochen vollzogene Vorbereitung der Verdauung in Betracht zu ziehen ist (Arch. f. wiss. und pr. Thierheilk. XIII. 188). Kleister wird viel rascher in Dextrin und Zucker übergeführt als rohe Stärke. — Bezüglich des Einflusses der Menge der Nahrung auf die Dauer des amylolytischen Verdauungsstadiums und die Menge des entstehenden Zukkers, Dextrins und der Milchsäure wissen wir, dass bei sehr grossen Mahlzeiten 6 Stunden (einmal sogar 8) nach denselben von uns noch viel Zucker im Magen gefunden wurde; bei kleinen Mahlzeiten begann schon nach drei Stunden, resp. schon in der 3. Verdauungsstunde der Rückgang des Zuckergehaltes.

Die Erklärung für die angeführte Thatsache des Wechsels in dem Zukergehalte des Magens während der Verdauung einer Mahlzeit ergiebt sich aus folgenden von uns bei Schweinen und Pferden constatirten und nachträglich von Ewald und Boas auch beim Menschen theilweise festgestellten Verhältnissen des Mageninhaltes resp. der Magenverdauung[1]): Der Säuregrad des Mageninhaltes ist bei Amylaceen- resp. gemischter Nahrung zu Beginn der Verdauung, also während und in der ersten Zeit nach der Mahlzeit, ein geringer; in der Nähe der Cardia besteht sogar eine neutrale

1) Ewald und Boas, Beiträge zur Physiologie und Pathologie der Verdauung, Virchow's Archiv X. Folge I. Bd. S. 325.

bis alkalische Reaction. Die saure Reaction, deren Grad allmählich ansteigt, ist anfangs durch Milchsäure bedingt, an deren Stelle ganz allmählich die Salzsäure tritt, welch' letztere zunächst in den der Fundusdrüsenschleimhaut anliegenden Inhaltsmassen auftritt und sich von dort aus weiter im Inhalte verbreitet. Mit der Zunahme der Salzsäure nimmt die Milchsäuregährung und damit die Milchsäuremenge ab, bis die letztere allmählich bis auf Spuren verschwindet. Bei Thieren mit grossen Cardiadrüsen- und grossen Pylorusdrüsenregionen (Schwein) und bei solchen mit Oesophagealabschnitten am Magen (Pferd, Nager) erreicht die Salzsäure in den genannten Regionen bei Amylaceennahrung und nicht zu kleinen Mahlzeiten niemals denjenigen Concentrationsgrad, bei welcher die Milchsäuregährung sistirt und demnach die Milchsäuremenge bis zum vollständigen Verschwinden abnimmt.

Es erscheint uns von Wichtigkeit hier zu betonen, dass diese Verhältnisse der Magenverdauung bei drei Thierarten, nämlich, beim Schwein und Pferd (von uns) und beim Menschen (nachträglich von Boas und Ewald) constatirt worden sind. Wir haben unsere Untersuchungen auf 13 Schweine und mindestens 25 Pferde erstreckt. In Bezug auf letztere Thierart hat auch Goldschmidt alle unsere Versuchsresultate, namentlich diejenigen über den sich nach den Verdauungszeiten richtenden Wechsel des Säuregrades und der Säurenatur des Mageninhaltes bestätigt[1]). Sonach handelt es sich nicht um zufällige Befunde, sondern um feststehende Thatsachen.

Dass unter den in Bezug auf die Säurenatur und den Säuregrad des Mageninhaltes wie geschildert bestehenden Verhältnissen die Verdauungsvorgänge zu den verschiedenen Zeiten der Verdauung einer Mahlzeit verschieden sein müssen und dass anfangs wesentlich eine Amylaceenverdauung bestehen muss, die allmählich von der Eiweissverdauung abgelöst wird, ist selbstverständlich. Wie aus den obigen Angaben ersichtlich, ist die Richtigkeit dieser Schlussfolgerung von uns thatsächlich constatirt worden. Wir haben gefunden, dass beim Pferd und Schwein zunächst nach der Mahlzeit wesentlich eine Amylaceenverdauung im Magen herrscht, die allmählich in die Eiweissverdauung übergeht. Eine Zeitlang bestehen beide neben einander. Dieser eigenthümliche Ablauf der

---

1) a. a. O.

Verdauung ist späterhin auch beim Menschen von Ewald und Boas constatirt worden.

Aus den geschilderten Befunden über die Beschaffenheit des Mageninhaltes folgt aber weiterhin auch noch, dass bei den Thieren mit grossen Cardiadrüsen- und Oesophagusabschnitten am Magen regionale Verschiedenheiten in Bezug auf die Verdauungsvorgänge herrschen müssen. Es ist dann auch thatsächlich von uns experimentell festgestellt worden[1]), dass der Zucker- und Peptongehalt des Mageninhaltes nach den anatomischen, resp. histologischen Regionen des Magens beim Pferd und Schwein ganz verschieden ist. Am lebhaftesten und ausgiebigsten findet die Stärkeverdauung in den der Cardia nahe liegenden Cardiadrüsen- oder Oesophagealabschnitten des Magens statt. Hier findet man deshalb zu allen Verdauungszeiten mehr, oft bedeutend mehr Zuker, Dextrin etc. als in der Fundusdrüsenregion. In den ersteren Abschnitten hält die Zuckerbildung, resp. die Amylolyse viel länger an, als in der letztgenannten Region, weil die Salzsäure langsam vom Fundus, woselbst sie erzeugt wird, nach hier vordringt.

Ueber diese Frage der Partialverdauungen (resp. der regionalen Verschiedenheiten in Bezug auf die im Magen ablaufenden Vorgänge) sind beim Menschen keine Versuche angestellt worden. Dieselben dürften auch kaum ausführbar sein. Nach vorstehenden Darlegungen konnten bei den Untersuchungen Seegens deshalb stets nur geringe Mengen Zucker im Magen gefunden werden, weil die Versuchsthiere $3\frac{1}{2}$, 4, $7\frac{1}{2}$, 12 und 13 Stunden nach der Mahlzeit getödtet wurden. Kein einziges Thier wurde in den ersten 3 Stunden der Verdauung beobachtet; aber gerade $1-1\frac{1}{2}$ Stunden nach der Verdauung fanden wir den Zuckergehalt des Mageninhaltes am höchsten ($1\frac{1}{2}$ Stunden $3-3\frac{1}{2}$%, später $1-2$%, nach 8 Stunden 0,2%, Goldschmidt). Die Seegen'schen Beobachtungen stimmen mit den unseren durchaus überein, denn auch wir fanden in den späteren Stunden der Verdauung $0,1-0,25$% Zucker im Magen und nur ausnahmsweise mehr. Da bei Hunden die

1) Ellenberger u. Hofmeister, Die Magenverdauung des Schweins, Archiv f. wiss. u. pr. Thierheilk. XII, S. 126. Dieselben: Die Verdauungssäfte und die Verdauung des Pferdes, Schlussartikel ibid. XII, S. 347. Dieselben: Zur Magenverdauung, Fortschritte der Medicin, Bd. 3 Nr. 18 u. Bd. 4 Nr. 11 und Goldschmidt's citirter Artikel.

Verdauung lebhafter abläuft als bei den Herbivoren, so muss $3^1/_2$ Stunden nach der Mahlzeit die Amylaceenverdauung längst beendet und die Proteolyse in vollem Gange und der Zuckergehalt des Mageninhaltes ein geringer sein, wie Seegen richtig beobachtet hat.

Im Darmkanal der Hausthiere konnten wir keinen regelmässigen Wechsel in Bezug auf den Zuckergehalt constatiren. Man findet aber oft 1% und darüber. Auch Herr Seegen hat 0,4—1% gefunden. Ob man derartige Zuckermengen als sehr geringe bezeichnen will, hängt von der Ansicht des betreffenden Autors ab.

Die zeitlichen Verhältnisse des Gehens.

Von

Prof. **H. Vierordt** in Tübingen.

Heutzutage noch ist die Kenntniss der Physiologie, geschweige gar Pathologie, des menschlichen Ganges in manchen Stücken eine unzulängliche. An vereinzelten Bemühungen, die vorhandenen Lücken auszufüllen, hat es in den letzten Jahren, auch inbetreff der pathologischen Seite, nicht gefehlt, und nachfolgende Zeilen verfolgen u. a. namentlich auch den Zweck, die Resultate dieser neueren Untersuchungen zu prüfen.

In dieser Abhandlung beschränke ich mich auf diejenigen Arbeiten, welche die zeitlichen Verhältnisse der Gehbewegung berücksichtigen. Gerade diese verdienten immer noch eingehende Untersuchung vermittelst exakter und einwurfsfreier Methoden, da das bisher gesammelte, von nur wenig Beobachtern gelieferte Material durchaus noch nicht die wünschenswerthe Uebereinstimmung zeigt. Sie könnte freilich zunächst bei den notorischen individuellen Abweichungen der einzelnen, auch ganz „normalen" Versuchspersonen nicht erwartet werden, unmöglich aber nahezu wird sie, wenn auch augenscheinlich rationelle Untersuchungsmethoden bezüglich ihrer Resultate von allzu peinlicher, aber, wie ich glaube,

durchaus nicht ganz korrekter, Skepsis angefochten werden. W. und Ed. Weber, Carlet, zuletzt ich selbst haben sich mit den zeitlichen Verhältnissen des Gehens beschäftigt. Die Abmessung der Schwingungsdauer des Beins gegenüber der Zeit des Aufstehens (Stützens) spielt dabei die erste Rolle; die Untersuchungsmethode mittelst elektrischer Registrirung, wie ich sie zuerst geübt habe, erlaubt übrigens, was hier beiläufig bemerkt sein mag, den genaueren Verfolg der Einzelphasen des successive schwingenden und stützenden Beins. Wegen näheren Details möge meine Monographie „das Gehen des Menschen in gesunden und kranken Zuständen“ Tübingen 1881 eingesehen werden. In seiner Schrift „über den Mechanismus des menschlichen Ganges und die Beziehung zwischen Bewegung und Form“ München 1885 wendet sich C. Bögle gegen die Resultate früherer Beobachter und sucht nachzuweisen, dass, nach der Art der Untersuchungsmethoden, das Stadium des Aufstehens gekürzt registrirt worden sei; bei den Gebrüdern Weber und mir soll die Kürzung ca. $1/5$ Sekunde, bei Carlet noch etwas mehr betragen. Ich fühle mich nicht berufen, die Weber und Carlet, mit denen ich selbst nicht in völliger Uebereinstimmung mich befinde, zu vertheidigen, muss nur hervorheben, dass sich die Vorgänger Bögle's die — für den Physiologen selbstverständliche — Mühe gegeben haben, den Gang zu registriren, während sich Bögle (l. c., Vorwort) allem Anschein nach damit begnügte „durch aufmerksame Beobachtung der sich beim Gehen abspielenden Einzelvorgänge und durch Combination des hiebei Gewonnenen zum Ganzen . . . einigermaassen zu erreichen, was die Unzugänglichkeit dieses scheinbar so offenen Feldes für experimentelle Bearbeitung letzterer vielleicht für immer vorenthalten dürfte.“ Und doch gibt derselbe Autor an anderer Stelle (l. c. p. 7) zu: „zwar liefert das Resultat einer solchen unmittelbaren Beobachtung kein so scharf präcisirtes Material, wie es eine jeden Zweifel ausschliessende experimentelle Erforschung, aber auch nur diese, ergeben würde, und wir können deshalb dasselbe nicht direkt mathematisch verwerthen.“ Ich erlaube mir die ganz bescheidene Anfrage, ob zur Registrirung von Zeitphasen ein trefflich gearbeitetes, Bruchtheile von Sekunden aufzeichnendes, Kymographion geeigneter sei oder vielleicht folgendes aprioristische Verfahren: „Theilt man die Dauer eines Doppelschritts durch taktmässiges Zählen in vier gleiche Zeitab-

schnitte und beginnt beim Aufsetzen der Ferse des vorschreitenden Fusses mit eins, so steht von eins bis zwei der Körper auf beiden Beinen; der vordere Fuss tritt herunter auf die ganze Sohlenfläche, der hintere wickelt sich vom Boden ab. Von zwei bis drei steht der Körper auf dem vorderen Fuss allein und in derselben Zeit schwingt der hintere Fuss nach vorn und setzt seine Ferse mit drei auf. Von drei bis vier stehen wieder beide Beine auf, das eben aufgetretene senkt seinen Fuss auf den Boden herab, das andere jetzt hintere Bein hebt ihn auf die Zehenspitze und von vier bis eins nach vorne schwingend, setzt es mit eins seine Ferse wieder auf den Boden auf. — Dieses Zeitverhältniss der Schwingung des Beins zu seinem Aufstehen, wie 1:3, wird durch den Grad der Schnelligkeit des Gehens nicht abgeändert und bleibt auch das Gleiche in dem Fall, wo zum Zweck absichtlicher Vergrösserung der Schritte die Ferse des aufstehenden Fusses schon etwas gehoben wird, bevor das schwingende Bein auftritt" (l. c. p. 15). Nach meinem Dafürhalten werden sich bei einem Verfahren, wie dem eben geschilderten, viel eher die Takte unbewusst an die markanten Einzelphasen des stützenden und schwingenden Beins anschliessen, als dass der Beobachter, welcher gezwungen ist, mit Aufmerksamkeit den rasch sich vollziehenden Wechsel in der Gehbewegung zu verfolgen, nebenher absolut taktfest bleibt. Falls der Beobachtende über so treffliche, wenn der Ausdruck erlaubt ist, „natürliche" Zeitmerker verfügen würde — die Psychophysiologie gibt übrigens in diesen Fragen leidlichen Aufschluss —, dann war es sicherlich blos eine πολυπραγμοσύνη des Laboratoriums, wenn die Physiologen beispielsweise die Zeitverhältnisse von Systole und Diastole des Herzens, von Vorkammer- und Kammerkontraction mit zum Theil recht mühsamer Methodik untersuchten, statt sich auf das Taktschlagen mit dem Finger zu verlassen. Da ein Doppelschritt bei mittlerer Geschwindigkeit des Gehens etwa 1,2 Sekunde dauert, so unterzieht sich Bögle der dankenswerthen Aufgabe, in gleichmässigem Takt $^{1}/_{8}$ Sekunden abzuzählen.

Ich will gar nicht leugnen, dass so, wie Bögle eintheilt, eine specielle Gangesart beschaffen sein *kann*; dass aber in allen Fällen, bei jeglicher Geschwindigkeit des Gehens, diese strikte Viertheilung der Einzelphasen zum Ausdruck kommt, ist unrichtig, physiologisch unzweckmässig und Resultat der Spekulation. Warum

immer den Schematismus der Gebrüder Weber anfechten, von dem man selbst so wenig frei ist?

Ich habe in meiner Monographie (l. c. p. 108 ff.) bei Besprechung der einzelnen Phasen der Gehbewegung und ihrer zeitlichen Verhältnisse darauf hingewiesen, wie mit wachsender Geschwindigkeit die Zeitwerthe auch der Einzelphasen abnehmen, jedoch in ungleichem Verhältniss. Es dürfte nicht überflüssig sein, diese, wie es scheint nicht jedem selbstverständliche Thatsache an geeigneten Tabellen zu demonstriren. Ich beschränke mich hierbei auf 8 Gehversuche, die ich theils an mir selbst (I), theils an einem 45 jährigen Institutsdiener (II) bei verschiedener Geschwindigkeit registrirt habe und vergleiche die einzelnen Zeitphasen mit der jeweiligen Dauer eines Doppelschritts. Die in Sekunden ausgedrückten Werthe sind Durchschnittswerthe und in Tabelle 43c bis 47c, sowie 55c bis 57c meiner Monographie verzeichnet.

Tabelle.

I

	a Dauer des Doppelschritts	b Dauer der Beinschwingung	$\frac{a}{b}$	Verhältniss der Rubrik $\frac{a}{b}$, $\frac{a}{c}$ u. s. w. (der niederste Werth = 1)
Sehr langsames Gehen	2,562	0,810	3,16	1,58
Langsames "	1,576	0,643	2,45	1,22
Gewöhnliches, un-	1,205	0,524	2,30	1,15
gezwungenes "	1,195	0,479	2,49	1,24
Schnellstes "	0,832	0,415	2,00	1
	a	c Gesammte Dauer des Aufstehens auf den Boden	$\frac{a}{c}$	
	2,562	1,748	1,47	1
	1,576	0,938	1,68	1,14
	1,205	0,672	1,79	1,21
	1,195	0,719	1,66	1,13
	0,832	0,433	1,92	1,30

a Dauer des Doppelschritts	d Dauer der Beinschwingung Die ganze Sohlenfläche a. d. Boden	$\frac{a}{d}$	Verhältniss der Rubrik $\frac{a}{b}$, $\frac{a}{c}$ u. s. w. (der niederste Werth = 1)
2,562	1,035	2,48	1
1,576	0,486	3,24	1,31
1,205	0,313	3,85	1,55
1,195	0,332	3,60	1,45
0,832	0,168	4,95	2,0

a	c Beide Beine gleichzeitig auf d. Boden	$\frac{a}{c}$	
2,562	0,475	5,39	1
1,576	0,145	10,9	2,02
1,205	0,080	15,1	2,82
1,195	0,122	9,80	1,82
0,832	0,012	69,3	12,9

a	f Dauer des Abwickelns	$\frac{a}{f}$	
2,562	0,611	4,19	1,15
1,576	0,373	4,23	1,17
1,205	0,315	3,83	1,06
1,195	0,310	3,85	1,06
0,832	0,229	3,63	1

II

	a	b Beinschwingung	$\frac{a}{b}$	
Langsames Gehen	2,143	0,863	2,48	1,20
Gewöhnliches „	1,150	0,548	2,10	1,01
Sehr schnelles „	0,912	0,440	2,07	1

a	c Aufstehen eines Beines	$\frac{a}{c}$	
2,143	1,358	1,58	1
1,150	0,618	1,86	1,18
0,912	0,466	1,96	1,24

a Dauer des Doppel-schritts	d Ganze Sohlen-fläche auf dem Boden	$\frac{a}{d}$	Verhältniss der Rubrik $\frac{a}{b}$ u. s. w.
2,143	0,884	2,42	1
1,150	0,454	2,54	1,05
0,912	0,213	4,28	1,77

a	e Beide Beine auf dem Boden	$\frac{a}{e}$	
2,143	0,213	10,1	1
1,150	0,038	30,3	3,0
0,912	0,009	101,3	10,0

a	f Abwickeln	$\frac{a}{f}$	
2,143	0,345	6,21	1,37
1,150	0,226	5,09	1,12
0,912	0,201	4,54	1

Der flüchtigste Blick auf die vorstehenden Tabellen zeigt, was sie zunächst beweisen sollen, dass nämlich ein konstantes Verhältniss zwischen der Dauer des Doppelschritts und einzelner Phasen der Gehbewegung, wie sie Bögle annimmt, nicht existirt. Die Vergleichung der Tabellen ergibt keineswegs ein unabänderliches Verhältniss von Schwingen: Stehen = 1:3, sondern im günstigsten Fall $\frac{0,810}{1,748}=\frac{1}{2,16}$, resp. (bei der zweiten Versuchsperson) blos $\frac{0,863}{1,358}=\frac{1}{1,57}$.

Dieses Verhältniss ändert sich mit zunehmender Geschwindigkeit des Gehens, so dass beim „schnellsten" Gehen die Zeit des Aufstehens die Dauer der Beinschwingung kaum noch übertrifft (0,433:0,415, resp. 0,466:0,440) und schliesslich beim Eillauf das Verhältniss sich umkehrt[1]). Für das gleichzeitige Stehen auf beiden Beinen rechnet Bögle ebenfalls $^1/_4$ der Zeit eines Doppelschritts, was viel zu hoch gegriffen ist. In meinen

1) In zwei, mich selbst betreffenden Versuchen erhielt ich:
Dauer der Beinschwingung 0,504, Dauer des Aufstehens 0,262
" " " 0,440, " " " 0,212.

Beispielen ist sie höchstenfalls $\frac{1}{5,39}$ oder gar nur $\frac{1}{10}$ und sinkt selbst auf $\frac{1}{69}$ resp. $\frac{1}{101}$ bei schnellstem Gehen. Die in den Rubriken $\frac{a}{b}, \frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{a}{e}, \frac{a}{f}$ stehenden Werthe bekunden unmittelbar, dass eine bestimmte, ein für allemal geltende, Relation zwischen der Dauer des Doppelschritts und der der (b bis e verzeichneten) Einzelphasen nicht besteht, dass vielmehr dieses Verhältniss sich stetig ändert. Fast immer (bei c, d, e) nimmt mit wachsender Geschwindigkeit des Gehens der Werth $\frac{\text{Dauer des Doppelschritts}}{\text{Dauer der Einzelphase}}$ zu, zum Beweis — gegen Bögle — dass die Dauer der Einzelphasen verhältnissmässig rascher, dabei in den einzelnen Phasen ganz ungleich, abnehmen, als die Dauer des Doppelschritts überhaupt. Nur die Beinschwingung und das Stadium des Abwickelns machen in ihrem Verhalten eine bemerkenswerthe Ausnahme, ihre zeitliche Dauer nimmt langsamer ab, als die des Doppelschritts. Noch übersichtlicher werden diese Verhältnisse durch nachstehende kleine Tabelle dargestellt, welchen das langsamste und schnellste Gehen beider Versuchspersonen zu Grunde gelegt ist. Die Zahlen sind, wo es ohne gröberen Fehler anging, der Uebersichtlichkeit halber abgerundet.

	Versuchsperson I.			Versuchsperson II.		
	s. langs.	s. schnell	Verhältn.	s. langs.	s. schnell	Verhältn.
Doppelschritt	2,562	0,832	**3 : 1**	2,143	0,912	**2,3 : 1**
Beinschwingung	0,810	0,415	2 : 1	0,863	0,440	2 : 1
Aufstehen auf dem Boden	1,748	0,433	4 : 1	1,358	0,466	3 : 1
Die **ganze** Sohlenfläche a. d. Boden	1,035	0,168	6 : 1	0,884	0,213	4 : 1
Gleichzeitiges Aufstehen beider Beine	0,475	0,012	40 : 1	0,213	0,009	23,3 : 1
Abwickeln d. Fusses	0,611	0,229	2,7 : 1	0,345	0,201	1,7 : 1

Der Unterschied zwischen langsamem und schnellem Gehen springt in die Augen. Die Vergrösserung der Geschwindigkeit, wofür die Dauer des Doppelschritts bei nicht allzu differenter Schrittgrösse[1]) ein directer, wenn auch keineswegs proportionaler

1) Jugendliche Individuen können, trotz einer geringeren Dauer des einzelnen Doppelschritts, doch unter Umständen viel langsamer gehen, als andere (ältere), welche für dieselbe Wegstrecke, bei grösserer Schrittlänge, viel weniger Schritte brauchen (s. meine Schrift p. 110).

Ausdruck ist, wird im allgemeinen allerdings dadurch erreicht, dass die absoluten Zeitmaasse der Einzelphasen gekürzt werden, aber in den einzelnen Phasen des Ganges geschieht dies in ganz ungleichmässiger Weise.

Man möchte versucht sein, hiernach die Einzelphasen in (ungefähr) proportionale und disproportionale einzutheilen. Wie man sieht, tritt bei keiner der beiden Versuchspersonen in den Einzelphasen das Verhältniss der Dauer der Doppelschritte 3 : 1, resp. 2,3 : 1, rein hervor, aber darin stimmen sie wiederum überein, dass Beinschwingung und Abwickelung des Fusses bezüglich ihrer Dauer langsamer abnehmen, als die Dauer des Doppelschritts, dagegen das Stadium des Aufstehens überhaupt, noch mehr das des Aufstehens der ganzen Sohle, ganz besonders aber die Zeit des gleichzeitigen Aufstehens beider Beine, verhältnissmässig viel rascher abnehmen, als die Zeit des Doppelschritts. Wenn es sich also für ein specielles Individuum darum handelt, in einem gegebenen Fall den Schritt zu beschleunigen, so könnte dies (theoretisch) in verschiedener Weise geschehen und schon hieraus erhellt, dass ein strenger Schematismus für die Einzelphasen zunächst nicht aufgestellt werden kann. In der mich selbst betreffenden Versuchsreihe sind zwei, als gewöhnliches Gehen bezeichnete Versuche, in welchen die Dauer des Doppelschritts, 1,205 und 1,195, kaum nennenswerth differirt. Trotzdem sind die einzelnen Positionen ungleich, grösser, wie es im allgemeinen zu erwarten ist, bei dem ersteren Versuch (mit 1,205) die Dauer der Beinschwingung und die des Abwickelns, die anderen Positionen aber, trotz der etwas grösseren durchschnittlichen Dauer des Doppelschritts, kleiner als beim zweiten Versuch. Noch weniger ist Uebereinstimmung zu erwarten mit irgend einem anderen Individuum, und so ist auch bei der zweiten Versuchsperson, namentlich im Stadium des gleichzeitigen Stehens beider Beine und auch in dem des Abwickelns, eine deutlich hervortretende Abweichung vorhanden (siehe vorige Tabelle), indem das erstere Stadium verhältnissmässig weniger, das des Abwickelns dagegen mehr verkleinert wird, als es bei mir selbst der Fall ist. Gerade darin aber sehe ich bezüglich der zeitlichen Verhältnisse die individuellen Abweichungen des Gangs, dass, trotzdem derselbe seine vorgeschriebene Phasen bis zu einem gewissen Grade zwang- und maschinenmässig durchlaufen muss, in der Behandlung der einzelnen Phasen, in der

Vertheilung der verfügbaren Zeit auf diese Phasen Variationen möglich sind, die freilich zum Theil ihre Erklärung in mechanischen Vorbedingungen finden mögen. Bei der Abwickelung des Fusses z. B. kommt für die Dauer dieses Stadiums die bekanntlich grossen Schwankungen unterworfene Länge des Fusses in Betracht. Je nach der Entwickelung einzelner Muskeln und Muskelgruppen mag auch diese oder jene Einzelbewegung rascher und prompter vollführt werden, zu reinerer Ausprägung gelangen. Andererseits wird sich nicht im vorhinein sagen lassen, wie bei eintretender Unsicherheit des Gangs, im Alter, bei sonstiger motorischer Schwäche etc. die zeitlichen Verhältnisse der Einzelphasen sich gestalten werden, ob etwa der Gehende bei denjenigen Stadien des Gehens, wo er der Natur der Sache nach sich am sichersten fühlt, festen Grund unter den Füssen hat, z. B. im Stadium des gleichzeitigen Aufstehens beider Beine, länger verweilt, so zu sagen ausruht, oder ob er über minder sichere und grössere Promptheit des Muskelspiels erfordernde Stadien mit rascherer, momentan angestrengterer Muskelaktion hinwegzukommen sucht. Analysiren wir unter diesen Voraussetzungen beispielsweise den Gang des 93jährigen Mannes, wie ich ihn (siehe meine Schrift p. 134) registrirt habe. Hier ist die die Sicherheit des Gangs wesentlich fördernde Abkürzung der Schrittlänge, bloss c. 240 cm, zunächst hervorzuheben, das Stadium des Abwickelns mit 0,22 stellt sich bei der Dauer eines Doppelschritts von 1,492 verhältnissmässig hoch $= \frac{1}{6,8}$, die Dauer des gleichzeitigen Stehens beider Beine konnte wegen Schleifens des rechten Fusses nicht wohl ermittelt werden.

Die Beinschwingung und ihr Verhalten in zeitlicher Beziehung bedarf noch einiger erläuternder Worte. Die oben gegebene kleine Tabelle zeigt, dass sie es ist, welche an dem allgemeinen Geschwindigkeitszuwachs bei rascherem Gehen relativ am wenigsten sich betheiligt; ihr sind gewisse Grenzen gezogen, die in mechanischen Bedingungen liegen, wohin die von der Extremitätenlänge nicht zum mindesten beeinflusste Pendelung des Beins in erster Linie zu rechnen ist. Dass die Muskelaktion bei der Beinschwingung betheiligt sei, soll hier keineswegs geleugnet sein, es mag aber betont werden, dass über ein gewisses Maass der Geschwindigkeit die Beinschwingung augenscheinlich nicht hinausgeht, da ein Unter-

schied zwischen „Schwingen" des Beins und — von ästhetischen Erwägungen abgesehen — einem für Ausnützung der Muskelkraft sicherlich wenig erspriesslichen und unverhältnissmässig ermüdenden brüsken „Schleudern" desselben existiren wird und muss. Beim Eillauf treten, wie oben erwähnt, wieder höhere Werthe für die Beinschwingung auf, trotz der im Ganzen rascheren Vorwärtsbewegung. Bögle rechnet (l. c. p. 16), nach seinen gewiss willkürlichen Verbesserungen, statt einer von den Gebr. Weber (Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, Göttingen 1836 p. 266) ermittelten Schwingungsdauer von 0,347 Sekunden eine solche von bloss 0,172. Die (Einzel-) Schrittdauer bestimmten die Gebr. Weber zu 0,344 Sekunden [1]), die Schrittlänge war 79 cm. Die Geschwindigkeit des Gehens per Sekunde betrug 2,30 m, die Durchschnittsgeschwindigkeit des schwingenden Beins, bezogen auf die Knöchelgegend, würde sich berechnen auf rund 4,5 m. Für mein schnellstes Gehen mit einer durchschnittlichen Schrittlänge von 727 cm berechnet sich die Geschwindigkeit des schwingenden Beins zu 3,5 m, für das sehr schnelle Gehen meiner zweiten Versuchsperson mit 615 cm Schrittlänge auf bloss 3 m. Da bei den Gebr. Weber die Schwingungsdauer aus Schrittdauer und Dauer des Aufstehens berechnet ist, also ein Mehr auf der einen Seite zu einem Weniger auf der anderen werden muss, so hat man eher den Eindruck, dass die Zeit des Aufstehens zu lang, demgemäss die des Schwingens zu kurz ausgefallen ist, woraus die relativ grosse Geschwindigkeit des schwingenden Beins von 4,5 m resultirt. Mit der Bögle'schen Korrektion (0,172 Sekunden statt 0,347) würde aber die Durchschnittsgeschwindigkeit des unteren Endes des vorwärts schwingenden Beins sich auf rund 9 m per Sekunde erhöhen, d. h. eine mittelmässige Bahnzugsgeschwindigkeit (!).

Es erübrigt noch, die Einwände zu besprechen, welche Bögle meinem Verfahren der Zeitmessung mit dem von mir benutzten Schuh entgegenhält. Er ist auch hier der Ansicht, dass die Zeit des Aufstehens des Beins zu kurz registrirt wird, wegen „früherer Unterbrechung" des betreffenden Stadiums; er berechnet, oder viel-

---

1) Ich bemerke hier gelegentlich, dass in meinen Versuchen die Dauer des Einzelschritts beim Gehen stets merkbar grösser war, als die Schwingungsdauer, nur beim Sprunglauf fand sich umgekehrtes Verhalten.

mehr er taxirt den Fehler, wie bei den anderen Beobachtern, auch bei mir auf „ungefähr" denselben Betrag von rund $^{1}/_{5}$ Sekunde. Ich muss gestehen, dass ich eher auf den Einwand gefasst gewesen wäre, die Dauer des Stadiums des Aufstehens zu lang verzeichnet zu haben. Es könnte die Feder, welche die Aufgabe hat, die Ebonitplatte von der Schuhsohle beim Abheben des Fusses wieder abzudrängen, durch fortgesetzten Gebrauch und das mit dem Auftreten verbundene starke Zusammendrücken allmählich an Elasticität einbüssen, „lahm werden" und minder prompt functioniren. Eine frühzeitige Unterbrechung des Stadiums im Sinne einer Abdrängung der Feder, ehe der Fuss vom Boden abgehoben ist, muss ich auf Grund einiger in dieser Richtung angestellten Experimente in Abrede ziehen. In den Stromkreis eines guten Daniell-Elementes schaltete ich den Vordertheil des elektrischen Schuhs und eine empfindliche Bussole ein, die jedesmal starken und deutlichen Ausschlag gab, wenn der Kontakt der Ebonitplatte mit der Schuhsohle erfolgt war. Wie ein Blick auf Tafel VII, Fig. 3 meiner Monographie lehrt[1]), ist der Kontakt auch dann noch vorhanden, wenn bloss der vorderste, dem vorderen Fussrand ganz nahe gerückte Messingkopf (g^2) mit der Platte in Verbindung ist. Wenn man den mit der Sohle auf der Tischplatte aufliegenden Schuh, dem Mechanismus des Abwickelns entsprechend, unter leichtem Druck auf die Unterlage allmählich mit der Ferse hebt und so seinen Längsdurchmesser immer mehr der Vertikalen nähert, so wird die Platte erst abgedrängt und der Kontakt gelöst dann, wenn die Längsachse des Schuhs nahezu in die Vertikale gestellt ist, bei 80—85° Neigung. In Praxi kommt diese steile und irrationelle Haltung des Fusses gar nicht vor, vielmehr ist derselbe in den letzten Momenten vor dem Abheben und bei diesem selbst meist so gestellt, dass er eine leichte Abknickung erfährt in den Digito-Metakarpalgelenken. Es bleibt somit der vordere Theil des Fusses bis zum Ballen mit dem Boden noch in Berührung, während die Ferse und mit ihr die (beiläufig gerechnet) hinteren $^{2}/_{3}$ der Fusssohle immer mehr sich heben. Von dieser Lage aus wird der vordere Fusstheil mehr als Ganzes abgehoben, der von Natur gut gepolsterte Ballentheil, entsprechend den Metakarpalköpfchen, ist es auch, welcher zuletzt noch den Druck

1) Die Erklärung im Text p. 98 ff.

des den Boden verlassenden und dabei noch im letzten Augenblick gegen ihn anstemmenden, von ihm gleichsam abstossenden Fusses erhält. Eine eigentliche Abwicklung der Zehenphalangen, Gelenk für Gelenk, findet nicht statt; sie müsste mit einer Hyperextension, zumal in dem letzten Zehengelenk, verbunden sein. Versucht man sie zu markiren, was übrigens bloss bei sehr steiler Erhebung des Fusses möglich ist, so tritt das Unangenehme und Ungewohnte dieser, bei gehöriger Einübung gewiss möglichen, Art der Abwicklung sofort hervor, dann, wenn auch der Ballen vom Boden sich abhebt und nur noch die eigentliche Zehenpartie dem Boden aufsteht. Wohl auch mit ein Beweis, dass es sich hierbei nicht um eine gewohnheitsmässig und tagtäglich geübte Bewegung handelt. „Frühzeitiges Wegdrängen der Sohle" nach Bögle könnte, da die immer schiefere Richtung zur Stellung der Feder nach früheren Auseinandersetzungen illusorisch ist, in den letzten Momenten des Abwickelns nur dann statthaben, wenn die Kraft der Feder im Stande wäre, den auf ihr lastenden Schuh sammt Inhalt und der daran sich anschliessenden massigen Unterextremität zu überwinden und nach oben zu heben. Die Feder wird sicher niedergedrückt und der Kontakt hergestellt, wie ich mich neuerdings überzeugt habe, durch ein behutsam aufgelegtes Gewicht von 300 gr (nicht immer sicher von 250 gr), bei dem grösseren wie den kleineren Schuhmodellen von 530 und 260 gr Gewicht. Setze ich den in Abwicklungsstellung befindlichen Fuss mit seinem Vordertheil auf eine passende Wage, wie sie zu genaueren Körperwägungen dient, und zwar so, dass er möglichst leicht aufliegt, während die andere Extremität die Stellung des im Gehen vorgesetzten Beins markirt, so wird auch von der ganz lose aufgesetzten Extremität ein Gewicht von 900 gr mit Leichtigkeit äquilibrirt und nur mit aktiver und nicht gerade angenehmer Muskelanstrengung gelingt es, den Druck auf geringerem Maass resp. auf Null zu halten, selbst wenn man durch starke Erhebung des Fusses auf 60—70° die Druckverminderung möglichst begünstigt. Dabei wiegt der den Fuss bekleidende, übrigens besonders leicht gebaute, Schuh bloss 440 gr, der elektrische, wie erwähnt, 530. Mache ich dasselbe, wie ich freilich zugeben muss, etwas rohe, aber doch wohl nicht ganz werthlose Experiment bei unbeschuhtem Fuss mit einer auf 250 gr geeichten guten Briefwaage, die für das Aufsetzen der Fussspitze einen bequemen Teller bietet,

so ist die allerleiseste Berührung des Fusses schon im Stande, einen Druck von mindestens 250 gr auszuüben.

Den Zeittheil, den „die stemmende Kraft des hinteren Beins braucht, um von 200 gr[1]) auf Null herabzusinken," der mir also bei der Registrirung mit meinem elektrischen Schuh entgangen sein müsste, will ich theoretisch anerkennen, obwohl Bögle selbst zugibt, dass dieses allmähliche Herabsinken auf Null von ihm nicht bewiesen sei (seine Schrift p. 17). Bei jedem Schritt muss selbstverständlich ein Moment eintreten, wo die Streckkraft des hinteren, also schräg gestellten Beins aufhört, aber es ist damit nicht gesagt, dass eben dieses Bein, wie das mathematische Pendel der theoretischen Physik, auf den Boden keinerlei Druck ausübt. Man bedenke doch, dass die Aequilibrirung durch den Luftdruck hier nicht in Frage kommen kann, wie Bögle, diesmal auf die Weber sich stützend, annimmt, wenigstens nicht so, dass das Bein durch die Aequilibrirung quasi gewichtslos würde. „Durch den Luftdruck äquilibrirt," kann im Sinne der Gebr. Weber doch blos heissen: nicht in den das Hüftgelenk umgebenden Muskeln und Bändern sind die die Unterextremität in die Gelenkspfanne pressenden Kräfte zu suchen, sondern (auf Grund ihrer Experimente) eben im Luftdruck. Damit kann doch nicht gemeint sein, dass auch das aus der Gleichgewichtslage gebrachte, schräg gestellte, hintere Bein keinerlei (Seiten-) Druck ausübe, da es doch bestrebt sein muss, entsprechend seiner Ablenkung aus der Gleichgewichtslage, rein passiv nach vorn zu sinken und auf ein ihm entgegenstehendes Hemmniss — in diesem Falle den Boden — mit einem merkbaren positiven Druck zu wirken. Letzteren glaube ich nach früherem für die vordere Fusspartie auf mehr als 300 gr, das zum Niederhalten der Ebonitplatte erforderliche Gewicht, veranschlagen zu sollen. Fülle ich, auf oben Erwähntes mich beziehend, den elektrischen Schuh mit Gewichten im Betrag von 900 gr, so bleibt die Fussplatte, auch bei sehr steiler Erhebung des die Abwicklung imitirenden Schuhes, angedrückt bis nahe zur Vertikalstellung. Die Kraft, welche im Gehen diesen Druck aufhebt, ist eben schon die so oder so zu denkende Muskelaktion, welche den Fuss vom Boden entfernt. Die Erwägung, die stemmende Kraft des Beins, und speciell noch den von mir angeblich nicht

1) Nach obigem (250—) 300 gr.

registrirten terminalen Druck von 200, sagen wir 300 gr und weniger, allmählich auf Null herabsinken zu lassen, hat mich in etwas an den bekannten Trugschluss des Zeno erinnert. Macht man Worte, die an sich unanfechtbar scheinen, so holt Achilles allerdings die Schildkröte nie ein, rechnet man, so macht es wahrlich keine Mühe darzuthun, dass in messbarer Zeit das Thier eingeholt und überholt ist. So hat es auch den Anschein, das übrigens noch keineswegs bewiesene Herabsinken des Druckes von 300 auf Null erfordere einen in Praxi nicht zu vernachlässigenden Zeittheil, der der Null sich nähert und als „momentan" betrachtet werden darf, wenn man die muskelreiche Extremität für im Stande hält, ohne Schädigung von Aesthetik und Oekonomie des Gangs einen Druck von ganzen 300 gr relativ plötzlich aufzuheben. Im übrigen mag daran erinnert werden (s. näheres in meiner Monographie p. 46 ff.), dass nach Gebr. Weber die Musculi gastrocnemii, nach Duchenne dessen „Triceps sural" (Gastrocnemius und Soleus) als die Muskeln gelten, welche die Abwicklung des Fusses besorgen und nach Erschlaffung der eigentlichen Kniestrecker die Abhebung des Fusses vom Boden bewirken. Warum soll nun die „Streckkraft des Beins," an der diese Muskeln wesentlich betheiligt sind, vorher auf Null absinken, damit dann durch erneute Kontraktion eben dieser Muskeln und jetzt erfolgende leichte Beugung im Kniegelenk der Fuss vom Boden abgehoben werde. Duchenne hält es sogar für nöthig, im Peronaeus longus noch einen besonderen Hilfsmuskel seines Triceps sural aufzustellen, der die innere Partie des vorderen Fusses und den Ballen der grossen Zehe noch niedergedrückt erhält, wenn die äussere Partie des vorderen Fusses schon „sich streckt" und die Abwicklung einleitet. Klinische Erfahrungen mit Lähmungen des Peronaeus scheinen dafür zu sprechen Auch H. v. Meyer nimmt in seiner neuen Monographie „Statik und Mechanik des menschlichen Fusses", Jena 1886, für den natürlichen Gang (Grosszehen-Sohlengang und auch Kleinzehen-Sohlengang) an: 1) Erhebung des Fusses, 2) Belastung der grossen Zehe (resp. der kleinen Zehen), 3) abstossende Bewegung der grossen Zehe (resp. der kleinen Zehen), die noch durch abstossende Bewegungen des ganzen Fusses unterstützt werden.

Demnach hat es keinerlei Schwierigkeit, genügende Muskelkräfte namhaft zu machen, die, augenscheinlich zur Sicherung des Gehens, bis zum letzten Verweilen des Fusses auf dem Boden

thätig sind und das theoretisch konstruirte Absinken der Streckkraft auf Null als unnöthig und unwahrscheinlich hinstellen. Zur Hervorbringung eines Drucks von bloss 300 gr — und darum drehte sich eben die ganze Auseinandersetzung — bedarf man aber kaum der Heranziehung dieser Muskelkräfte, und das Gewicht der auf dem Boden aufruhenden, schräg gestellten Extremität dürfte allein zur Erklärung ausreichen.

Zur Rettung meines in überflüssiger Weise verdächtigten elektrischen Schuhs mag schliesslich Nachstehendes einen Beitrag liefern. Beim schnellsten Gehen, das eben in den Lauf sich umwandelt, wird, wie die Gebrüder Weber mit Recht theoretisch fordern (Gehwerkzeuge p. 322), der vordere Fuss in dem nämlichen Augenblicke auf den Boden gesetzt, in welchem der hintere Fuss abgehoben wird. Mustere ich nach diesem Gesichtspunkt die Tabellen 47a und 57a (p. 177 und 179) meiner Monographie, so ergeben sich bei mir selbst (I) und der oben erwähnten Versuchsperson (II):

I.

		Ferse aufgesetzt	Fussspitze abgehoben	Differenz
Schritt	1 : 2	(0,54	0,58	0,04)
	2 : 3	0,95	0,97	0,02
	3 : 4	1,37	1,38	0,01
	4 : 5	1,77	1,78	0,01
	5 : 6	2,19	2,19	0
	6 : 7	2,58	2,59	0,01
	7 : 8	3,03	3,03	0
	8 : 9	3,43	3,44	0,01
	9 : 10	3,87	3,88	0,01
	10 : 11	(4,29	4,36	0,05)

II.

		Ferse aufgesetzt	Fussspitze abgehoben	Differenz
Schritt	1 : 2	(0,66	0,72	0,06)
	2 : 3	1,14	1,20	0,06
	3 : 4	1,67	1,67	0
	4 : 5	2,07	2,11	0,04
	5 : 6	2,57	2,56	−0,01
	6 : 7	2,98	3,01	0,03
	7 : 8	3,45	3,46	0,01
	8 : 9	3,85	3,87	0,02
	9 : 10	—	—	—
	10 : 11	4,72	4,74	0,02
	11 : 12	—	—	—
	12 : 13	(5,58	5,64	0,06)

Bezüglich des letzteren Falles (II) sei ausdrücklich bemerkt, dass hierbei das Gehen kein so schnelles war, wie bei mir selbst (I) und dass die betreffende Versuchsperson, die mit leichten Genu valgum behaftet ist, vielleicht überhaupt nicht im Stande war, jene Uebergangsstufe vom schnellsten Gehen zum Eillauf zum reinen Ausdruck zu bringen. Bei mir selbst aber ist vom dritten Schritt ab, wo augenscheinlich erst die volle Geschwindigkeit des „schnellsten" Gehens erreicht ist, die theoretisch geforderte Gleichzeitigkeit das Aufsetzens des vorderen und Abhebens des hinteren Beins zum prägnantesten Ausdruck gebracht. Wenn meine Untersuchungen und Registrirungen, nach Bögle, mit dem Fehler behaftet wären, die Zeit des Aufstehens um circa $^1/_5$ Sekunde verkürzt anzugeben, woher käme die Uebereinstimmung und die minimale Differenz von $^1/_{100}$ Sekunde, die gerade noch anzudeuten vermag, dass es sich hier um Gehen, nicht um Laufen (mit gleichzeitigem Schweben der Beine, wie in Schritt 5:6 bei II) handelt? Ich hebe hervor, dass grössere Differenzen, als die hier konstatirten, vielleicht bis $^1/_{20}$ Sekunde, immer noch im Rahmen eines wohlgelungenen Experimentes sich bewegt hätten, so aber ist, wie ich glaube, auch hochgehenden Anforderungen, die man an einen registrirenden Apparat stellen kann, Genüge geleistet.

(Aus dem Institut für Pharmakologie und physiologische Chemie zu Rostock.)

Ueber das Aussalzen der Eiweisskörper und anderer colloider Substanzen.

Nach gemeinschaftlich mit Dr. A. Krüger angestellten Versuchen.

Von

Otto Nasse.

Alle Eiweisskörper, die Peptone ausgenommen, werden, wie bekannt, aus ihren Lösungen auch bei vollkommen neutraler Reaction derselben durch Eintragen von schwefelsaurem Ammoniak bis zur Sättigung der Lösung ausgefällt: es zeigen sich dabei in

sofern Unterschiede, als einige Eiweisskörper in der That erst bei vollkommener Sättigung sich ausscheiden, andere dagegen schon ausfallen, bevor die Sättigung erreicht ist. Die Globuline und andererseits die Albumine bilden die einfachsten Beispiele von leichterem und schwererem Aussalzen. Die anderen anorganischen neutralen Salze der Alkalien und alkalischen Erden besitzen nicht die Kraft des schwefelsauren Ammoniaks: auch wenn sie bis zur Sättigung eingetragen werden, scheiden sich niemals sämmtliche Eiweisskörper aus, sondern nur ein grösserer oder geringerer Theil derjenigen, welche auch in nicht ganz gesättigter Lösung von schwefelsaurem Ammoniak unlöslich sind. Es wird hiernach einer bestimmten Lösung von schwefelsaurem Ammoniak eine andere von Chlornatrium, schwefelsaurem Natron u. s. w. als in dieser Beziehung gleichwerthig oder correspondirend bezeichnet werden können, jedoch, wie sich weiter zeigen wird, nicht ohne eine sehr wesentliche Einschränkung.

Wir unterlassen, hier näher darauf einzugehen, wie sich die Kenntniss von dem Aussalzen der Eiweisskörper entwickelt hat und auf Grundlage derselben die Analyse von Gemischen von Eiweiskörpern, die früher oft gar nicht als Gemische erkannt, sondern für einheitliche Substanzen gehalten worden waren. Sehr weit zurück geht die Kenntniss von dem Ausfällen durch Salze allein jedenfalls nicht, von einigen lange ganz isolirt stehenden Thatsachen abgesehen; noch im Jahre 1850 kannte man nur die Fällbarkeit der Eiweissstoffe durch Salze bei Gegenwart von Säure. Neben jenen allein stehenden Thatsachen dürfte aber noch besonders zu gedenken sein der ebenfalls bereits früh bekannten und sicher hierher zu rechnenden Abscheidung von Eiweiss aus seiner Lösung durch Dextrin und Gummi.

Die Eigenschaft der Eiweisskörper, durch Salze gefällt zu werden, ist nicht etwas diesen allein eigenthümliches; in äusserlich ganz gleicher Weise lassen sich, wie man seit langem in der Wissenschaft und der Technik weiss, Seifen und Leim aussalzen. Diesen Stoffen sind weiter anzuschliessen die in Wasser löslichen Kohlehydrate der Stärkegruppe: Glykogen, Amidulin (lösliche Stärke), auch Inulin sowie die lösliche Jodstärke. Allen genannten Substanzen ist eine Eigenschaft gemein, sie bilden nie Krystalle, sondern höchstens Krystalloide, sie bilden mit Wasser nicht Molecularlösungen, sondern Micellarlösungen (Naegeli). Der Kürze

wegen haben wir für sie in der Ueberschrift zusammenfassend den alten Graham'schen Ausdruck „colloide Substanzen" gewählt.

Bei nahe verwandten Körpern, die zunächst zu einer Vergleichung Anlass geben, finden sich wie bei den Eiweissstoffen Unterschiede in den zum Abscheiden erforderlichen Salzmengen. So wird die lösliche Form der Jodstärke sehr viel leichter ausgesalzen als Jodglykogen, so bedarf, wie frühere Untersuchungen im Laboratorium bereits gelehrt hatten, die durch Kochen mit Wasser zu gewinnende, beim Erkalten der Lösung nicht mehr gelatinirende Modification des gewöhnlichen Glutins, die im Folgenden stets als β-Glutin aufgeführt werden wird, weit grösserer Mengen Salz als ihre Muttersubstanz.

Es entsteht nun die Frage, wovon die Concentration der Salzlösung abhängt, in welcher eine der in Rede stehenden Substanzen nicht mehr löslich ist. Ist die Wirkung des Salzes einfach die, dass dasselbe die Wassermoleküle mit Beschlag belegt, handelt es sich demnach um einen Kampf der wasseranziehenden Kraft der Moleküle des Eiweisses, Leimes u. s. w. und der des Salzes, und tritt so die Ausscheidung des colloiden Stoffes ein, sobald dessen wasseranziehende Kraft durch die der Salzmoleküle übertroffen wird?

Wenn dem so wäre, so würde man im Stande sein, mit einem bestimmten Salz die wasseranziehende Kraft der ausgesalzenen Substanzen zu messen, und umgekehrt würde sich feststellen lassen die wasseranziehende Kraft der Salze, von welcher man bis dahin so gut wie gar Nichts weiss. Durch die Kenntniss der wasseranziehenden Kraft der colloiden Substanzen würde man dann ferner Aufschluss erhalten über die relative Grösse ihrer Moleküle (oder Micellen?), insofern diese bei derselben Gruppe von Substanzen als zu der wasseranziehenden Kraft in umgekehrtem Verhältniss stehend angesehen werden darf.

Um nun zu entscheiden, ob bei dem ganzen Vorgang einzig die wasseranziehende Kraft im Spiele ist, werden für einen bestimmten Stoff diejenigen Mengen von zwei oder mehr verschiedenen Salzen ermittelt, durch welche das Aussalzen gerade eintritt; die correspondirenden Lösungen mögen im Verhältniss a : b : c . . . zu einander stehen. Darauf werden ebenso die correspondirenden Concentrationen derselben Salze für einen zweiten Stoff gesucht, welche im Verhältniss $a_1 : b_1 : c_1 . . .$ zu einander

stehen sollen. Ist nun wirklich das Aussalzen einzig von der wasseranziehenden Kraft abhängig, so muss sein a : b : c . . . = a, : b, : c, . . . Sind aber diese Verhältnisse nicht die gleichen, so ist eine specifische Beziehung des Salzes zu der ausgefällten Substanz zum Mindesten in einem der beiden Fälle anzunehmen.

Die Methode der Untersuchung ist ganz einfach: Zu je 10 ccm Salzlösung von verschiedener Concentration in Reagenzröhren befindlich lässt man von der zu prüfenden Substanz, bei verschiedenen Versuchen stets in der gleichen Menge Wasser gelöst, einen Tropfen aus dem Tropfglas fallen, welcher sich nun bei gelindem Bewegen des Reagenzrohres (nicht Schütteln!) mit der oberen Schicht der Salzlösung bis etwa 5—8 mm unter der Oberfläche mischt. Eintretende Trübung lässt sich sehr leicht erkennen und der Punkt, an welchem dieselbe gerade eintritt, durch weiter eingeschaltete Gläser sehr scharf bestimmen. Die Bestimmung ist jedenfalls viel schärfer, als bei vollkommener Mischung beider Flüssigkeiten, auch wenn man hier länger Flüssigkeitsschichten auf Trübung mit einander vergleicht. Einige Schwierigkeiten erheben sich bei der Untersuchung von α-Glutin. Zunächst muss die Leimlösung stets etwas erwärmt bleiben, weiter aber eben so auch die Salzlösung erwärmt werden (auf circa 30° C.), weil der Tropfen der Leimlösung mit der kalten Salzlösung in Berührung kommend rasch gelatinirt, und nun in der oberen Flüssigkeitsschicht Stücke der durch die Bewegung vertheilten stets etwas opalescirenden Gallerte schwimmen und eine Ausfällung vortäuschen können. Bevor wir das genügend berücksichtigten, erhielten wir für die Salzlösungen stets zu geringe Werthe. Um mögliche Fehler zu vermeiden, thut man wohl, auch die Versuche mit β-Glutin unter gleichen Verhältnissen anzustellen. Die Untersuchung aller anderen Stoffe ist bei der in unserer Arbeitszeit nur sehr wenig schwankenden Zimmertemperatur gemacht worden.

Dass die Methode keine absoluten Werthe liefert, sondern nur relative — wegen der Verdünnung durch das Zufügen von Wasser mit der zu prüfenden Substanz werden i. A. zu hohe Werthe gewonnen — wird ihr zunächst keinen Eintrag thun.

Unsere Versuche, von denen wir die genauesten hier folgen lassen, beziehen sich auf Glutine: α-Glutin, käufliche, nur wenig gereinigte Gelatine, und verschiedene Arten von β-Glutin, die sich von einander unterscheiden durch die Art und Weise der

Darstellung. Alle sind gewonnen durch Erhitzen von α-Glutin mit Wasser in zugeschmolzener Röhre oder in Druckflasche bei der Temperatur des siedenden Wassers. β-Glutin nennen wir das Produkt, welches entsteht, wenn α-Glutin nur gerade so lange erhitzt wird, dass die Fähigkeit zu gelatiniren (bei 0° C. untersucht) verloren gegangen ist. Durch weiteres Erhitzen des β-Glutin über Stunden und Tage waren die Modificationen β,- und β,,-Glutin dargestellt, die in ihren allgemeinen Eigenschaften sich übrigens nicht von ihrer Muttersubstanz zu unterscheiden schienen.

Weiter haben wir untersucht verschiedene Eiweissarten oder auch Eiweissgemische, nämlich Hühnereiweiss, worunter filtrirtes Eiweiss des Hühnereis zu verstehen ist, und zwar sowohl ohne weitere Behandlung als auch „neutralisirt," d. h. mit verdünnter Schwefelsäure bis zur neutralen Reaction versetzt und nochmals filtrirt; ferner Serumeiweiss, trockenes Rinderblutserum in Wasser gelöst; dann Witte's Pepton (aus Fibrin stammend) als Hemialbumose aufgeführt, von zwei verschiedenen Darstellungen herrührend (I und II), und endlich K-Pepton, ein Gemisch von Hemialbumose und Pepton, beides Eiweissarten frei von locker gebundenem Schwefel. Das Nähere über diese von Dr. Krüger aus Hühnereiweiss dargestellten Stoffe wird derselbe demnächst veröffentlichen.

In der dritten Gruppe der unten folgenden Tabelle sind schliesslich aufgeführt Kohlehydrate der Stärkegruppe oder Amylacea: lösliche Stärke (Amidulin) und Glykogen-Dextrin, erstere durch Kochen von Amylum mit Wasser in Druckflasche, letzteres durch Kochen von Glykogen mit verdünnter Schwefelsäure bis zum Verschwinden der Opalescenz gewonnen.

Von Salzen liessen sich durchgängig nur anwenden Ammoniumsulfat und Magnesiumsulfat; durch Natriumsulfat, auch in ganz gesättigter Lösung, werden nicht mehr alle Substanzen abgeschieden, daher wir die wenigen uns vorliegenden Bestimmungen mit diesem Salze aus der Tabelle fortgelassen haben. Wollte man die Untersuchung auf solche nicht mehr fällende Salze oder auch auf andere neutrale, nicht salzartige Substanzen, wie Zucker, Dextrin u. dgl. m. ausdehnen, so müsste man versuchen, dieselben mit einem gut fällenden Salz zugleich in Lösung zu bringen und nun in der gleichen Weise wie früher die fällende Kraft dieser Lösung feststellen. Bei Vermischung von Salzlösnngen miteinan-

der würden selbstverständlich Wechselzersetzungen gänzlich zu vermeiden sein.

Tabelle I.

	Die fällenden Lösungen enthalten in 100 ccm:		a : b
	a	b	
	$(NH_4)_2SO_4$	$MgSO_4$	
α-Glutin	12,4	14,8	0,84
β-Glutin	16,9	20,2	0,84
β,-Glutin	19	22,4	0,84
β,,-Glutin	19,8	23,5	0,84
Hühnereiweiss I	20,2	19,6	1,03
Hühnereiweiss II	18,5	19,3	0,95
Dasselbe neutralisirt	19	20,5	0,93
Hühnereiweiss III, neutralisirt	18	19,3	0,93
Serumeiweiss	17,4	18,5	0,94
Hemialbumose I	12,7	13,6	0,93
Hemialbumose II	14,9	17,6	0,85
K-Pepton	20	20,1	1,00
Amidulin	20,9	10,5	1,99
Glykogen-Dextrin	44,7	22,7	1,99

Die Verschiedenheit der Zahlen in der dritten Spalte (a : b) zeigt sofort, dass bei dem Aussalzen der colloiden Substanzen keinesfalls ganz allgemein die wasseranziehende Kraft das bestimmende sein kann. Wohl aber könnte sie es noch sein in dem einen oder dem anderen Falle.

Am klarsten scheinen die Verhältnisse zu liegen bei den Glutinen. Aus der Zunahme des Gehaltes der fällenden Lösungen an Salz mit der Dauer des Kochens bei gleichbleibendem Werth von a : b liegt es nahe zu folgern, dass durch das Kochen des Glutins mit Wasser einfach dessen wasseranziehende Kraft erhöht wird. Die wasseranziehende Kraft hier als das allein bestimmende anzusehen, wird man um so mehr geneigt sein, als Beziehungen der Glutine zu neutralen Salzen so gut wie gar nicht in Frage kommen. Eine nicht zu unterschätzende Stütze für diese Auffassung des Aussalzens der Glutine liegt unseres Erachtens noch in ihrem Verhalten zu Alkohol: α-Glutin wird sehr viel leichter ausgefällt

als die β-Glutine[1]). Diese Bestimmungen sind weit schwieriger als die mit Salzlösungen, denn die Tropfen der Leimlösungen bleiben nicht oben auf dem Alkohol, sondern gehen unter der Bildung von Schlieren zu Boden, welche leicht Trübungen vortäuschen können, weil die Leimlösungen stets etwas opalescirend sind. Immerhin hat sich doch gezeigt, dass für α-Glutin und ein bestimmtes β-Glutin zwischen dem Alkoholgehalt der fällenden Flüssigkeiten ein ganz ähnliches Verhältniss besteht, wie zwischen dem Salzgehalt derselben.

Wird Glutin so lange gekocht, dass gerade das Vermögen zu gelatiniren vernichtet ist, so steigt nach unseren Beobachtungen die wasseranziehende Kraft, die das α-Glutin = 100 gesetzt, auf 128, durch längeres Kochen hob sie sich auf 140, wird aber wahrscheinlich noch mehr gesteigert werden können. Besteht nun die früher angedeutete Beziehung der Grösse der Micellen zu der wasseranziehenden Kraft, so würde die Grösse der Micellen von α-Glutin = 100 gesetzt, die der Micellen von β-Glutin 80, von $\beta_{,,}$-Glutin 70 betragen. Und wollte man endlich die wasseranziehende Kraft der angewendeten Salze berechnen, so würde man finden, wie die Tabelle selbst direct angibt, dass 84 Gewichtstheile Ammoniaksulfat an Kraft 100 Gewichtstheilen Magnesiumsulfat gleich kommen. Leider gibt es bis jetzt kein Mittel diese letzteren Werthe auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Ich verweise diesen Punkt angehend auf eine Auseinandersetzung in diesem Archiv Bd. XI, S. 140, bemerke nur noch, dass keinesfalls ein Zusammenhang mit der Hygroskopicität vorhanden ist.

In solchen Folgerungen weiter zu gehen, ist aber zu bedenklich, so lange die Untersuchungen selbst noch nicht weiter gediehen sind. Es hat sich ja doch nicht vollkommen die Möglichkeit zurückweisen lassen, dass die Glutine Verbindungen mit den Salzen eingehen. Auch in diesem Falle würde, wie ich an einer anderen Stelle[2]) für das Glykogen und seine Abkömmlinge, die

1) Dass man in Zukunft nicht mehr ohne Weiteres von β-Glutin im Gegensatz zu dem gelatinirenden α-Glutin reden kann, liegt auf der Hand. Ob die β-Glutine sich ausser in der Fällbarkeit noch in anderen Beziehungen, so z. B. in dem Drehungsvermögen von einander unterscheiden, müssen weitere Untersuchungen lehren.

2) Dieses Archiv, Bd. XXXVII, S. 596, 1885.

Dextrine, ausgeführt habe, mit Abnahme der Grösse des Moleküls die Verbindung reicher an Salz werden, also die zur Ausfällung nöthige Menge von Salz zunehmen bei Gleichbleiben des Quotienten der Salzlösungen.

Bei den Eiweisskörpern sieht man zunächst, dass bis auf Hemialbumose II der Werth des Quotienten a : b ganz verschieden ist von dem bei den Glutinen gefundenen; viel wichtiger ist aber, dass die Werthe von a : b überhaupt von einander abweichen und zwar in sehr hohem Grade. Da die von uns benutzten Eiweisskörper sämmtlich keine reinen einheitlichen Substanzen waren, musste es uns wünschenswerth sein, auch noch ein drittes Salz anzuwenden. Es gelang uns in dem unterschwefligsauren Natron ein geeignetes Salz zu finden. Die mit demselben gemachten Bestimmungen sind in die Tabelle nicht aufgenommen, weil der absolute Gehalt der Lösung von unterschwefligsaurem Natron nicht genau festgestellt war. Aber auch ohnedem lässt sich ganz genau untersuchen, ob das Verhältniss a : c (worin c die Zahlen für $Na_2S_2O_3$ bedeuten) bei allen Eiweisskörpern das gleiche sei. Das Ergebniss war, dass a : c, während der Werth dieses Quotienten bei den Glutinen durchgängig unverändert blieb, hier bei den Eiweissstoffen ebenso grossen Schwankungen unterlag wie a : b, dass aber mehrfach niedere Werthe von a : c auf hohe Werthe von a : b fielen und umgekehrt. Es ist hiernach mehr als wahrscheinlich, dass besondere Beziehungen der Eiweisskörper zu den neutralen Salzen der Alkalien und alkalischen Erden vorliegen, dass Verbindungen der Eiweisskörper, wenn auch nur sehr lockerer Art, mit diesen Salzen gebildet werden, wie solche mit den Salzen der schweren Metalle bestehen.

Bei den Amylaceen endlich, den Kohlehydraten der Stärkegruppe, bleibt a : b, das den höchsten beobachteten Werth erreicht hat, wieder unverändert. Leider lässt sich das Aussalzen nicht so ausgedehnt studiren, wie bei den Glutinen. Das Glykogen wird zwar, wie ich erst einige Zeit nach meiner oben angezogenen Mittheilung über Verbindungen des Glykogens gefunden habe, durch Ammoniumsulfat und Magnesiumsulfat ebenso gefällt wie Amidulin, der Opalescenz seiner Lösung wegen ist aber der Punkt der Fällung nicht genau zu bestimmen. Behandelt man andererseits Glykogen auch nur wenig länger mit Schwefelsäure, als es bei der Darstellung unseres Glykogen-Dextrins geschehen ist, so

wird es auch durch ganz gesättigte Lösung von Ammoniumsulfat nicht mehr ausgesalzen. Es ist indess immerhin zu vermuthen, dass vom Glykogen herab bis zu dem letzten untersuchbaren Dextrin bei gleichem Werthe von a : b nur die zum Ausfällen nöthigen Salzmengen zunehmen.

Nun kann es sich bei der Verschiedenheit von a : b bei den Glutinen auf der einen und den Amylaceen auf der anderen Seite unmöglich in beiden Fällen bloss um die wasseranziehende Kraft der Salze handeln. So viele Gründe für diese als allein bestimmendes Moment bei den Glutinen aufzuführen waren, so wenig sind sie bei den Amylaceen aufzufinden; wohl aber spricht die bekannte Thatsache, dass die Amylaceen mit verschiedenen Stoffen, wenn auch basischer Natur, Verbindungen eingehen, dafür, dass auch die neutralen Salze solche Verbindungen bilden. Wie die Zunahme der zur Ausfällung nöthigen Concentration der Salzlösung zu erklären sei, ist oben bei den Glutinen angedeutet worden.

Unsere aphoristische Mittheilung über das Aussalzen kann nicht abgeschlossen werden, ohne noch des Einflusses der Wärme auf das Aussalzen zu gedenken. Es ist zweifellos, dass mit Steigen der Temperatur — bei den an und für sich schon durch Erwärmen coagulirten Eiweissstoffen natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze — die zur Abscheidung nöthige Salzmenge zunimmt. Damit hängt denn auch zusammen, dass bereits gebildete Niederschläge beim Erwärmen sich lösen, um bei Rückkehr zu der Temperatur, in welcher sie entstanden sind, wieder zu erscheinen, jedoch mit einer nicht unwichtigen Einschränkung: wenn ein grosser Salzüberschuss vorhanden ist, so z. B. wenn man einige Tropfen Glutin- oder Glykogenlösung mit einer gesättigten Lösung von Magnesiumsulfat zusammenbringt, so wird der Niederschlag, der in diesem Falle von vorneherein flockig ist, beim Erwärmen nicht gelöst, sondern ballt sich noch mehr zusammen[1]). Ich hatte früher ein solches Verhalten beobachtet bei der Fällung von Glykogen mit Bleioxydnatron bei geringem Wassergehalt beider Flüssigkei-

1) Vollkommen entsprechendes ist bekanntlich zu sehen bei dem Ausfällen der Hemialbumose aus stark angesäuerter Lösung durch Salz; der Niederschlag kann durch Erwärmen nur so lange zur Lösung gebracht werden, als der Gehalt der Flüssigkeit an Salz eine gewisse, nicht näher anzugebende Grenze nicht überschreitet.

ten und glaubte dasselbe als eigenartig hervorheben zu müssen, weil mir bei der Fällung von Glykogen sowie von löslicher Stärke mit Bariumhydrat nichts derartiges zu Gesicht gekommen war. Gibt man aber, was ich damals durch Zufall nicht gethan hatte, zu einer gesättigten Lösung von Bariumhydrat einige Tropfen Glykogenlösung, so ballen sich ebenfalls die gebildeten Flocken beim Erwärmen zusammen. Diese Coagula können übrigens durch Zusatz von Wasser leicht wieder zur Lösung gebracht werden.

Ganz im Gegensatz zu dem eben erörterten Einfluss der Wärme steht eine Erscheinung, welche bei dem Erwärmen von Glykogenlösung mit einer zur Ausfällung noch nicht ganz hinreichenden, aber doch fast genügenden Menge von Magnesiumsulfat (in gesättigter Lösung bis zur eben beginnenden Fällung zugefügt) sich einstellt: hier tritt starke Trübung beim Erwärmen ein, um bei Abkühlung wieder zu verschwinden. Bei Amidulin ist dieses sonderbare Verhalten niemals beobachtet worden, das Magnesiumsulfat kann demnach nicht Ursache der Erscheinung sein. Andererseits verhält sich aber Glykogen mit Ammoniumsulfat wiederum ganz so, wie es oben als Regel geschildert worden ist. Eine Erklärung der mitgetheilten Beobachtung hat sich nicht finden lassen, der kurzen Erwähnung schien sie mir indess für weitere Studien auf diesem Gebiete doch werth zu sein.

Die vorstehende Arbeit, über deren Hauptresultate wir im Mai dieses Jahres in der hiesigen naturforschenden Gesellschaft berichtet haben (vgl. Rostocker Zeitung Nr. 249, 1887) lag druckfertig vor uns, als uns Heft 1 u. 2 von Band 24 des Archivs für experimentelle Pathologie u. s. w. vom 29. September zuging, mit einer auf Veranlassung von Hofmeister ausgeführten Untersuchung von S. Lewith, in welcher die Aufgabe behandelt wird: genaue Angaben zu beschaffen über die Fähigkeit der einzelnen Salze, in gelöstem Zustande Wasser festzuhalten, und weiter gesetzmässige Beziehungen zwischen der chemischen Natur der Salze und dieser Fähigkeit aufzufinden. Es berührt sich somit diese Untersuchung sehr nahe mit der unsrigen, doch ist einstweilen kein Grund hier auf dieselbe einzugehen mit Ausnahme eines Punktes. Lewith hat diejenigen Salzconcentrationen festgestellt, bei welchen die ersten Globulin- und Albumin-Fällungen erzeugt wurden. Bringt man nun die verwendbaren Zahlen, die durch Ammoniumsulfat,

Magnesiumsulfat und Kaliumacetat gewonnen sind, in eine Tabelle der unsrigen entsprechend,

Tabelle II.

	Die fällenden Lösungen enthalten in 100 ccm:			a : b	a : c
	a	b	c		
	$(NH_4)_2SO_4$	$MgSO_4$	$KC_2H_3O_2$		
Globulin .	14,2	16,9	22,8	0,84	0,62
Albumin .	33,6	—	60,8	—	0,56

so sieht man, dass a : b in die Reihe der von uns für Eiweisssubstanzen gefundenen Werthe ganz gut passt, und weiter, dass a : c verschieden ist bei Globulin und Albumin, ganz so, wie wir für a : b so sehr verschiedene Werthe gefunden haben. Es ist uns eine willkommene Bestätigung der Richtigkeit unserer Methode, dass auch bei einem ganz anderen Verfahren die von uns für wichtig gehaltenen, von Lewith selbst nicht beachteten Schwankungen in den Quotienten der die Eiweisskörper fällenden Lösungen unzweifelhaft zu Tage treten.

Aphoristisches über Zuckerbildung in der Leber.

Von

J. Seegen in Wien.

Es sind nun nahezu 40 Jahre, seit Bernard Zucker in der Leber nachgewiesen hat. Nach langem Kämpfen mit französischen Forschern schien die Zuckerbildung in der Leber als physiologische Function festgestellt, bis etwa 10 Jahre später Pavy mit der Ansicht hervortrat, diese Zuckerbildung sei nur eine Leichenerscheinung, und damit Bernard's Lehre, die damals ausschliesslich auf Versuchen an eben getödteten Thieren fusste, in ihren Grundfesten erschütterte. Bernard hat zwar in seinen letzten Lebensjahren noch Versuche mitgetheilt, die an lebenden Thieren angestellt waren, aber er hatte damit nur erreicht, dass auch Pavy zugeben musste, die lebende Leber enthalte Zucker; aber diese Zuckerbildung sollte nur eine minimale sein, für den Stoffwechsel keine Bedeutung haben und der Zucker nur die Blutbahn passiren, um mit dem normalen Harn ausgeschieden zu werden. Die so leicht nachzuweisende, daher unbestrittene Zuckerzunahme in der Leber in den ersten Stunden nach dem Tode hielt Pavy als Leichenerscheinung fest und führte dieselbe auf ein im Momente des Todes gebildetes Ferment zurück, welche im Stande ist, das Leberglycogen in Zucker umzuwandeln.

Es sind nun mehr als 10 Jahre, seitdem ich meine Untersuchungen über diesen Gegenstand begonnen und in zahlreichen Abhandlungen in diesem Archive niedergelegt habe. Ich habe zuerst in gemeinsamer Arbeit mit Kratschmer nachgewiesen, dass die Leber kein eigenes Ferment besitze, dass ihre diastatische Wirkung nur eine sehr geringe sei und dass sie dieselbe mit allen Eiweisskörpern theile; wir haben ferner ermittelt, dass der Leberzucker, verschieden von dem durch Fermente gebildeten Traubenzucker sei; wir haben endlich an einer grossen Zahl von lebenden Hun-

den nachgewiesen, dass der Zuckergehalt der Leber im Momente der Excision mehr als doppelt so gross sei, als ihn selbst Bernard gefunden hatte, und dass der Zuckergehalt in den ersten 24 Stunden nach dem Tode von 0,5 auf 3% und darüber anwachsen könne, ohne dass der Glycogenbestand der Leber vermindert werden muss. Aber ich begnügte mich nicht mit diesen Thatsachen; ich hielt die vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes des in die Leber einströmenden und des aus der Leber austretenden Blutes für die einzige sichere Stütze zum Nachweise der Zuckerbildung in der Leber als physiologische Function. Bernard hat diesen Fundamentalversuch nur an eben getödteten Thieren ausgeführt und damit Pavy's Einwürfen Thür und Thor geöffnet. In seinem letzten Lebensjahre hat er zwar einige analoge Versuche an lebenden Thieren angestellt, aber es waren nicht wie in jenem Fundamentalversuche die beiden Leberblutarten, die er verglich, und so konnten gegen seine nicht sehr zahlreichen Versuche wieder allerlei Einwände erhoben werden.

Ich habe mehr als 60 Versuche an lebenden Hunden angestellt, bei denen das Porta-Blut und das Lebervenenblut, letzteres nach 2 verschiedenen Methoden, getrennt gesammelt wurden, und wenn von einigen Versuchen abgesehen wird, bei denen in Folge kurz vorausgegangener Zucker- oder Dextrinfütterung das Pfortaderblut mit Zucker überladen war, stellte sich ausnahmslos heraus, dass das aus der Leber strömende Blut weit zuckerreicher war, als das in die Leber eintretende. Das Plus beträgt 60—80—100%. Dieses Zuckerplus konnte nur aus der Leber stammen.

Ich habe durch eine weitere Reihe von Versuchen die Grösse der Zuckerausfuhr innerhalb einer Zeiteinheit festzustellen gesucht, indem ich die Menge des Blutes, welche innerhalb dieser Zeiteinheit durch die Leber strömte, annähernd bestimmte. Mit Hilfe der gewonnenen 2 Factoren, dem Plus des Lebervenenzuckers und der Ziffer der Blutdurchfuhr konnte ich ermitteln, dass die Zuckerausscheidung aus der Leber eine sehr beträchtliche war, und z. B. beim Hunde von 20 kg Körpergewicht mehr als 200 gr in 24 Stunden betrug.

Ich habe in einer weiteren Reihe von Versuchen festgestellt, dass diese Zuckerausfuhr aus der Leber unter jeder Ernährungsform und auch bei Hungerthieren stattfindet. Thiere, die im Momente des Versuchs nach 10 tägigem Hungern dem Inanitionstode

nahe waren, zeigten dasselbe Verhältniss im Zuckergehalte des zu- und abströmenden Blutes, wie die anderen wohlgenährten Versuchsthiere, und es war damit festgestellt, dass der Zuckerbildungsprocess in der Leber auf Kosten des eigenen Thierbestandes stattgefunden hat. Ich habe ferner bei nahezu ausschliesslicher Fettfütterung dieselbe Grösse der Zuckerausfuhr ermittelt, und da ich gleichzeitig den Fleischumsatz innerhalb der Fütterungsperiode durch Bestimmung der Stickstoffausfuhr im Harn annähernd festgestellt hatte, musste ich zu der nicht anzuzweifelnden Erfahrung gelangen, dass die Zuckerbildung in der Leber auf Kosten von Eiweisskörpern und Fett stattfindet. Dass es mir auch gelungen war, durch direkte Versuche den Nachweis zu liefern, dass die überlebende Leber im Stande sei, aus Pepton und Fett Zucker zu bilden, soll hier nur erwähnt werden, da ich den Hauptaccent für diese Thatsache auf die Ernährungsversuche lege. Ich war nun berechtigt, auszusprechen, dass die Zuckerbildung in der Leber eine normale, physiologische Function sei, dass diese Function zu den wichtigsten Functionen des Stoffumsatzes gehöre, und dass Eiweiss und Fett das Material bilden, aus welchem die Leber den Zucker bereitet.

Bernard hat seine grosse Entdeckung mit der Intuition des Genies gemacht, ohne dieselbe durch genügende Beweise gestützt zu haben. Ich darf es für mein Verdienst in Anspruch nehmen, in langer, mühevoller Arbeit diese Stützen herbeigeschafft zu haben. Ich habe den grossen Umfang der Glycogenfunction der Leber und ihre fundamentale Bedeutung für das Thierleben, die Bernard nur geahnt hatte, ziffermässig festgestellt, und es ist mir endlich gelungen, im Gegensatze zu Bernard nachzuweisen, dass nicht der Nahrungszucker, resp. Kohlehydrate, das Material für den Zucker in der Leber bilden, sondern dass Eiweisskörper und Fett, also jene Elemente, die in der Nahrung aller Thiere, der Carnivoren wie der Herbivoren, vorkommen, das Material sind, aus welchem der Leberzucker als die Kraftquelle für Wärmebildung und Arbeitsleistung bereitet wird.

Nicht blos Bücher, auch Entdeckungen haben ihre Schicksale, und während manche derselben zur raschen und allgemeinen Geltung kommen, müssen andere lang um diese Anerkennung ringen. In Frankreich ist Bernard's Entdeckung so anerkannt, als ob dieselbe nie in Frage gestellt worden wäre, und in einer vor Kur-

zem erschienenen freundlichen Besprechung meiner gesammelten Arbeiten auf diesem Gebiete[1]) heisst es, meine Lehre über das Material der Zuckerbildung vervollständige in glücklicher Weise die klassische Lehre über die Zuckerbildung in der Leber von Cl. Bernard („complète d'une manière heureuse la doctrine classique de la glycogénie hépatique de Cl. Bernard"). In anderen Ländern dagegen wird auch noch heute die Zuckerbildung in der Leber als physiologische Function geleugnet, und alle erbrachten Beweise auf postmortale Erscheinungen oder auf Anomalien in Folge des operativen Eingriffes zurückgeführt. Der Grund, dass diese Doctrin so schwer zum Durchbruche gelangt, liegt wohl darin, dass es so schwierig ist, die Versuche, auf welche dieselbe sich stützt, durch Nachprüfung zu controlliren, und so geschieht es meist, dass irgend ein Detail (ich erwähne zum Beispiel den von uns wiederholt gelieferten Nachweis des möglichen Vollbestandes des Glycogens bei Steigerung des Zuckergehaltes der excidirten Leber) herausgerissen und dasselbe zum Ausgange des Angriffspunktes auf die ganze Lehre gemacht wird. Aber die Bedeutung der Frage, die einen der Angelpunkte unseres Erkennens der Lebensvorgänge bildet, macht es zur Pflicht, keine Einwendung unberücksichtigt zu lassen, jeden berechtigten Einwurf zu prüfen und mit Geduld und Ausdauer immer neues Beweismaterial herbeizutragen, bis es gelungen ist, die Erkenntniss dieser Function als unzweifelhaft festzustellen.

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, solche Versuche mitzutheilen, durch welche ich manche Einwürfe, die ich mir selbst machte, oder solche, die von anderer Seite an mich herantraten, zu widerlegen suchte. Ich möchte hier noch einige allgemeine Betrachtungen voranstellen: 1) Pavy und alle seine Anhänger kommen immer und immer wieder darauf zurück, dass die Zuckerbildung in der Leber ein postmortaler Vorgang sei, und wenn man nachweist, dass die dem lebenden Thiere ausgeschnittene und rasch in siedendes Wasser geworfene Leber auch schon nahezu 0,5 % Zucker enthalte, antworten sie damit, dass auch die wenigen Sekunden, die zwischen dem Ausschneiden der Leber und Eintragen in kochendes Wasser verstreichen mussten, genügt hätten, um postmortale Erscheinungen zu veranlassen; und hier ist

1) Seegen, Studien über Stoffwechsel im Thierkörper. Berlin 1887.

es nun nöthig, die Erscheinungen von Leben und Tod etwas näher ins Auge zu fassen. Es ist längst eine landläufige, jedem Laien bekannte Erfahrung, dass Thiere niederer Species in Stücke geschnitten werden können, und dass jedes Stück noch in gewissem Sinne fortlebt, aber es häufen sich die Erfahrungen, dass auch bei den höchsten Thiergattungen mit dem Tode, d. h. mit dem Aufhören des individuellen Lebens nicht auch gleichzeitig der Tod d. h. das Aufhören der Leistungsfähigkeit der einzelnen Organe auftritt. In neuester Zeit haben Hayem u. Barrier nachgewiesen, dass selbst das complicirteste Organ des Thierkörpers, das Gehirn, innerhalb 10 Sekunden nach dem Tode durch Bluttransfusion zu seinen höchsten Leistungen, zu Bewusstseins- und Empfindungsäusserungen, befähigt wird, und dass die Lebensfähigkeit des Gehirns für Leistungen untergeordneter Art 10—12 Minuten erhalten werden kann. Die lange Dauer des Lebens der Muskelfaser ist längst bekannt, und ich habe kürzlich nachgewiesen, dass der durch arterielles Blut lebend erhaltene Muskel noch nach 12 und 18 Stunden fähig ist, Glycogen in Zucker umzuwandeln. Eine Niere, die durch 24 Stunden und darüber im Eisschranke aufbewahrt wurde, hat die Leistungfähigkeit ihrer Elemente noch bewahrt, und zahlreiche Durchleitungsversuche, die gerade in neuester Zeit zu den werthvollsten Beobachtungen führten, haben nachgewiesen, dass die Zellen der verschiedensten vom Körper getrennten Organe noch viele Stunden nach dem Tode des Thieres die ihnen eigenthümliche Leistungsfähigkeit behalten. Diesen Erfahrungen gegenüber ist es doch ganz eigenthümlich, anzunehmen, dass die Leber schon wenige Sekunden nach ihrer Excision vollständig todt sei, und dass dann ihre Leistungen als Leichenerscheinung aufzufassen seien. Pavy's wichtigste Stütze für seine Ansicht war die, dass er ein dem eben getödteten oder lebenden Thiere excidirtes Leberstück in siedendes Wasser oder in eine Kältemischung eintrug, und dadurch die Zuckerbildung als Leichenerscheinung sistirt zu haben glaubte; aber gerade das Umgekehrte ist wahr; durch das Eintragen in siedendes Wasser oder in eine Kältemischung wurden die Leberzellen, die noch lange functionsfähig geblieben wären, getödtet,, und damit musste nothwendig die Zuckerbildung aufhören. Pavy's Versuche sprechen also nicht gegen, sondern umgekehrt für die Zuckerbildung als normale, auch über den Tod des Thieres sich hinauserstreckende, Function der Leberzellen.

Eine zweite Betrachtung ist folgende: Von Pavy und seinen Anhängern wird der Zucker, der in der Leber oder im Blute angetroffen wird, auf operative Eingriffe, auf anormale Reizung der Leber, zurückgeführt. Pavy erklärte einmal, er könne schon im Vorhinein sagen, ob Herzblut, welches dem lebenden Thiere entnommen wurde, mehr oder weniger Zucker enthalten werde, je nachdem das Thier sich gegen den operativen Eingriff mehr oder weniger gesträubt hatte, und von anderer Seite wurde gesagt: dass der operative Eingriff, der zur Gewinnung des Leberblutes nach v. Mering's Methode erforderlich sei, die Zuckerbildung in der Leber veranlasse, und dass der Zuckergehalt des Lebervenenblutes in dem Maasse wachse, als der Eingriff lange gedauert habe. Ich will hier davon absehen, dass die Thatsachen diesen Annahmen nicht entsprechen, und dass z. B. das Blut, welches durch eine kleine Venensection oder durch einen Schröpfkopf dem Körper entzogen wird, eben so zuckerreich ist, als das Herzblut, welches dem nicht chloroformirten, sich sträubenden Thiere entnommen wird, dass ich ferner niemals im Stande war, den nicht wegzuleugnenden, in weiten Grenzen schwankenden, Zuckergehalt des Lebervenenblutes der verschiedenen Versuchsthiere mit der Dauer der Operation oder mit dem Widerstande, den die Thiere leisteten, parallel stellen zu können. Aber selbst wenn alle jene Thatsachen vollkommen richtig wären, würden sie ja nur als Beweis dafür dienen, dass die Leber mit der physiologischen Function der Zuckerbildung betraut sei. Wir können uns denken, dass eine Drüse, in ungewöhnlicher Weise gereizt, zu einer stärkeren Secretion angeregt wird, aber es ist doch ganz undenkbar, dass die stärksten Reize im Stande wären, eine Drüse zu einer Secretion zu veranlassen, zu welcher ihre Zellen nicht befähigt sind, dass etwa eine Speicheldrüse unter dem Einfluss eines starken Reizes Galle absondern oder dass die Leber unter der Einwirkung eines ähnlichen Reizes Speichel secerniren könnte. Die gesteigerte Zuckerbildung unter anomalen Bedingungen ist nur ein weiterer Beweis, dass die Zuckerbildung eine normale Leberfunction ist.

Ein dritte und letzte Betrachtung möchte ich noch hier anknüpfen. Dem stärksten Zweifel begegnet meine Lehre, dass der Zucker der Leber aus Eiweiss und Fett gebildet werde. Dass aus dem Eiweiss Zucker entstehen könne, wird allmählich zugegeben; die Erfahrung, das Diabetiker der schweren Form auch bei

ausschliesslichem Fleischgenuss Zucker im Harn ausscheiden, auf die ich vor nahezu 20 Jahren aufmerksam machte und die nun von vielen Aerzten und exacten Forschern bestätigt wurde, widerlegt doch allmählich die Zweifel jener, welche die Möglichkeit der Zuckerbildung aus Eiweisskörpern in Frage stellen; und vor der so leicht zu konstatirenden Thatsache muss sich schliesslich auch der Chemiker beugen, dem es bis jetzt noch nicht gelungen ist, das gesuchte Problem zu lösen, ein Kohlehydrat aus Eiweisskörpern darzustellen. Aber gegen Zuckerbildung aus Fett sträuben sich die Physiologen wie Chemiker in gleicher Weise, und allenfalls wird die Concession gemacht, dass das Glycerin in dieser Weise umgewandelt werden und also ein Minimum von Zucker aus Fett entstehen könne. Der Widerstand gegen die Möglichkeit der Entstehungsweise von Zucker aus Fett würde sogleich verschwinden, wenn auch hier wieder eine gekannte, leicht controllirbare, Thatsache diesen Umwandlnngsprocess als ein alltägliches Vorkommen nachweisen könnte. Und dieser Thatsache begegnen wir in der Pflanzenwelt. In sehr vielen Pflanzensamen ist Fett als Reservestoff angehäuft, und wenn diese Samen keimen, wird dieses Fett allmählich in Kohlehydrate umgewandelt. Und nicht nur ein kleiner, etwa dem Glycerin entsprechender Theil des Fettes wird umgewandelt, sondern nahezu der ganze Fettbestand verschwindet, um in Form von Kohlehydraten im Keimling wieder zu erscheinen. Peters[1]) hat nachgewiesen, dass in Keimpflanzen aus 1000 Kürbissamen mit dem Oelgewichte von 136 gr der Oelbestand auf 12 gr gesunken war, und dass an Stelle des Oels Stärkemehl, Gummi, Zucker, Cellulose und Extractivstoffe getreten waren. Aehnliche Versuche sind von Boussingault[2]), von Planta und anderen Pflanzenphysiologen angestellt worden, und mit der Waage in der Hand der Nachweis der Umwandlung von Fett in Kohlehydrate geliefert worden. Durch unsere Eintheilung der organischen Welt in Thiere und Pflanzen haben wir für diese, wie für manche andere Erkenntniss künstliche Schranken aufgerichtet. Wenn wir diese für eine Weile entfernen, werden wir es nicht mehr unbegreiflich finden, dass ein chemischer Process, der von der Pflanzenzelle ausgeführt wird, in dem höher differenzirten

1) Peters, Landw. Versuchsst. 1861, Bd. III.

2) Boussingault, Compt. rend. 1864, Bd. LVIII.

Thiere von den Zellen eines bestimmten Organs vollbracht werden kann.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen will ich daran gehen, die Versuche mitzutheilen, durch welche ich einzelne Einwände zu widerlegen getrachtet habe.

1. Ueber den Wassergehalt des Pfortader- und Lebervenenblutes.

Es wurde mir der Einwand gemacht, es könne der grössere Gehalt des Lebervenenblutes an Zucker darauf zu beziehen sein, dass das Pfortaderblut in der Leber Wasser verliere, dass daher in dem austretenden concentrirteren Blute eine grössere Zuckermenge nachgewiesen werden könne, ohne dass eine Zuckeraufnahme in der Leber stattgefunden haben müsse. Es war nun zwar von vornherein unwahrscheinlich, dass der grössere Zuckergehalt des austretenden Blutes in dieser Weise veranlasst sein könnte; das Zuckerplus im Lebervenenblut beträgt 60—100%; an einen Wasserverlust, durch welchen das Pfortaderblut auf die Hälfte seines Volumens concentrirt worden wäre, ist natürlich nicht zu denken. Es liegen überdies zwei Versuchsreihen vor, welche die Bestimmung des Wassergehaltes der beiden Blutarten zum Gegenstande haben. C. Flügge[1]) fand in 4 Versuchen, dass kein constanter Unterschied im Wassergehalte der beiden Blutarten bestehe, dass der Unterschied überhaupt nur ein minimaler sei und in 3 Versuchen von 4 enthielt das Lebervenenblut ein kleines, einige Zehntel betragendes Plus an Wasser. Flügge hat auch das Haemoglobin der beiden Blutarten nach der Methode von Preyer bestimmt und fand dasselbe nur in kleinen und nicht constanten Werthen schwankend. Aus Drosdorff's[2]) Versuchen ergab sich, dass das Pfortaderblut reicher an festen Bestandtheilen, also wasserärmer sei, als das Lebervenenblut, aber die Differenz betrug kaum 2%.

Ich glaubte über diese Frage einige selbstständige Versuche anstellen zu müssen, da die früher genannten Versuche, speciell die

1) Flügge, Nachweis des Stoffwechsels in der Leber. Zeitschrift für Biologie, 13.

2) Drosdorff, Chemische Analyse des Blutes d. v. port. u. d. v. hepat. Zeitschrift für physiol. Chemie I.

von Flügge, unter anderen Versuchsbedingungen ausgeführt waren, als die meinigen. Flügge hatte nämlich an chloroformirten Thieren gearbeitet und damit steht es wahrscheinlich im Zusammenhang, dass er keinen Unterschied im Zuckergehalt der beiden Blutarten nachweisen konnte. Meine Untersuchungen wurden mit dem Blute jener nicht narcotisirten Hunde ausgeführt, welche ich zur Zuckerbestimmung benutzte. Das Blut der Pfortader wurde durch Einführung einer Canüle in den Stamm der Pfortader von der Milzvene aus gewonnen. Das Lebervenenblut erhielt ich zweimal durch directen Einstich in eine Lebervene, dreimal durch Einführung einer Canüle in d. v. cava inf., welche ober den Nierenvenen und knapp ober dem Zwerchfell unterbunden war. Von dem zur Zuckerbestimmung entzogenen nicht geschlagenen Blute wurde 40—60 gr zur Wasserbestimmung verwendet. Dasselbe wurde in kleine Glasschälchen gegeben, auf dem Wasserbade bis zur Trockene abgedampft und dann im Trockenkasten bei 100° solange getrocknet, bis 2 aufeinanderfolgende Wägungen ein ganz gleiches Resultat gaben. Ich lasse nachstehend die erhaltenen Resultate folgen.

Tabelle des Wassergehaltes in %.

Versuchsnummer	I	II	III	IV	V
Pfortaderblut	78,9	78,3	79,8	79,2	76,6
Lebervenenblut	77,9	79,2	79,3	80,1	75,2

Die Differenzen im Wassergehalte betragen also ungefähr 1% und zwar liegt das kleine Plus zweimal auf Seite des Lebervenenblutes und dreimal auf Seite des Pfortaderblutes. Die constante Vermehrung des Zuckergehaltes des Lebervenenblutes kann also unmöglich auf diese kleinen Differenzen im Wassergehalt bezogen werden.

II. Veruche über Bestimmung des Zuckergehaltes der beiden in umgekehrter Reihenfolge entnommenen Leberblutarten.

Alle meine früheren Versuche waren derart angestellt, dass ich dem Thiere zuerst Pfortaderblut und nachher Lebervenenblut

entnahm. Die eigenthümliche, noch nicht aufgeklärte Erfahrung, die ich machte, dass das Carotisblut, welches nach der Entnahme des Lebervenenblutes nach v. Mering's Methode beträchtlich zuckerreicher war, als jenes Carotisblut, welches zuerst entnommen war, bestimmte mich zu den Versuchen das Pfortaderblut nach dem Lebervenenblut zu entnehmen. Ich habe nach dieser Richtung 6 Versuche angestellt. Es wurde zuerst eine Cantüle durch die Milzvene gegen den Pfortaderstamm eingeführt, es wurde weiters eine grosse Cantüle von der V. Cava inf. gegen die Leber eingeführt, die Unterbindung in der bekannten Weise vorgenommen, der Obturator der grossen Cantüle herausgezogen, und nach Entnahme einer Quantität Lebervenenblutes wieder zurückgeschoben und die Cantüle liegen gelassen. Bei andauernder künstlicher Respiration wurde nun die kleine Cantüle gegen den Stamm der Pfortader vorgeschoben und Pfortaderblut gesammelt. Im Versuche VI wurde die Cantüle in die V. Cava zuerst und nach Blutentnahme in die V. Lienalis eingeführt.

Versuchs-nummer.	Zuckergehalt in %:		
	Carotis.	Leber-venen-blut.	Pfort-adern-blut.
I	0,19	0,300	0,160
II	0,17	0,232	0,150
III	–	0,223	0,155
IV	0,13	0,270	0,120
V	0,14	0,270	0,120
VI	0,13	0,250	0,208

Es war also in 5 von 6 Versuchen die Zuckerdifferenz zwischen den beiden Blutarten von der Reihenfolge, in welcher dieselben dem Thiere entnommen werden, unbeeinflusst.

III. Vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes der beiden Blutarten bei Gewinnung des Lebervenenblutes durch directe Einführung einer Cantüle von der V. jugul. in die Lebervene.

M. Abeles hatte die von Ikalowicz u. Pal ersonnene Methode zur Sammlung des Lebervenenblutes zuerst benutzt, um in dem so gesammelten Blute den Zucker zu bestimmen. In fünf bis sechs

Versuchen wurde die vergleichende Bestimmung des Zuckergehaltes zwischen arteriellem und Lebervenenblute ausgeführt, und nur ein geringes Plus im Zuckergehalte des Lebervenenblutes gefunden. Auf Grundlage dieser Versuche gelangte er zu dem Schlusse, dass die Leber im physiologischen Zustande keine, oder nur minimale Mengen Zucker bilde. Die Resultate meiner vergleichenden Analyse, die er in Controlversuchen vollauf bestätigt fand, suchte er darauf zurückzuführen, dass durch die Unterbindung der V. cava, oder durch das Herabdrücken der Leber beim Einstiche der Canüle in die V. hep., die Leber zu anormaler Zuckerbildung veranlasst worden sei. Ich habe, statt die Versuche von Abeles zu discutiren, mit Rücksicht auf die Bedeutung der Frage es vorgezogen, selbst eine Reihe von Versuchen[1]) nach der genannten Methode auszuführen. Beistehende kleine Tabelle gibt die erhaltenen Resultate.

Versuchs-nummer.	Zuckergehalt in %:		
	Carotis-blut.	Porta-blut.	Leber-venen-blut.
I	0,123	—	0,160
II	0,147	—	0,196
III	0,143	—	0,207
IV	0,143	—	0,204
V	—	0,106	0,162
VI	—	0,153	0,230
VII	158	—	0,212

In diesen sieben Versuchen habe ich das Lebervenenblut fünf Mal mit Carotisblut und zwei Mal mit Pfortaderblut verglichen, immer war das Lebervenenblut zuckerreicher; in einzelnen Versuchen war das Zuckerplus sehr gering, in anderen beträchtlicher, aber im Ganzen war im Mittel dieser sieben Versuche das Zuckerplus des Lebervenenblutes nicht so gross, wie in meinen früheren Versuchsreihen. Die vorstehenden Versuche waren, da man mit der Handhabung der neuen Methode noch nicht so sehr vertraut war, an chloroformirten Thieren angestellt. Es wurden nun, um die Versuchsbedingungen mit meinen früheren Versuchsreihen ganz

1) Centralblatt für die med. Wissenschaften, 1887, Nr. 31 und 32.

analog zu machen, vier Versuche nach dieser Methode an nicht chloroformirten Thieren ausgeführt, ich lasse in beigegebener Tabelle die gewonnenen Resultate folgen.

Versuchs-nummer.	Zuckergehalt in %:		
	Porta-blut.	Leber-venen-blut.	Porta-blut 2.
VIII	0,101	0,258	0,116
IX	0,090	0,175	0,119
X	0,107	0,209	0,147
XI	0,120	0,287	0,165

Ich erhielt also das Resultat, dass das Lebervenenblut 80—100% mehr Zucker enthielt, als das Pfortaderblut. Es war demnach die Annahme widerlegt, als sei die Zuckerzunahme, die ich nach den früheren Methoden gefunden hatte, auf Rechnung der Unterbindung, oder auf die des schweren operativen Eingriffes zu setzen. Die Untersuchung des nach einigem Verweilen der Cantile in der Lebervene entnommenen Pfortaderblutes 2 ergab für dasselbe einen höheren Zuckergehalt, als für das vor Einführung der Canüle in die Lebervene entnommene Portablut 1. Es beweist dies, dass durch diese Einführung eine Rückstauung des Leberblutes in die Pfortader statt gefunden hat. Durch diese Versuche kam aber die interessante Thatsache zur Beobachtung, dass durch Chloroformnarcose die Zuckerbildung in der Leber sehr beträchtlich herabgesetzt wird.

Abeles scheint ebenfalls der Gedanke nahe gelegen zu sein, dass die Chloroformnarcose die Zuckerbildung beeinflussen könne, und er hat, um darüber ins Klare zu kommen, der Carotis eine Blutprobe vor der Narcose und eine zweite nach der Narcose entnommen, und bei diesen Proben die Zuckerbestimmung ausgeführt. Die beiden Proben gaben den gleichen Zuckergehalt, und daraus schloss Abeles, dass „der Blutzucker durch Chloroform nicht vermehrt wird." Eine einfache Erwägung lehrt, dass der Versuch, in dieser Form angestellt, die Frage über den Einfluss des Chloroforms nicht entscheiden konnte, dass er zumal unfähig war, eine die Zuckerbildung mindernde Einwirkung nachzuweisen. Wenn näm-

lich, wie es anzunehmen ist, durch die Chloroformnarcose der Stoffwechsel überhaupt, also auch der Zuckerumsatz herabgesetzt ist, könnte auch die sehr mässige Zuckerzufuhr während der Chloroformnarcose, die ja auch Abeles constatirt hat, genügen, um das arterielle Blut auf seinem Zuckerbestande zu erhalten.

IV.

Einige Bemerkungen über Versuche von H. Girard.

H. Girard hat zuerst in der Sitzung vom 6. Juli 1887 in der medicinischen Gesellschaft von Genf[1]) und später in ausführlicher Weise in diesem Archiv[2]) Versuche mitgetheilt, die ihn zu den Schlüssen führten, dass die Zuckerbildung eine postmortale Erscheinung sei, dass ein im Momente des Todes im Blute entstehendes Ferment die Umwandlung des Glycogens bewirke, dass in anomaler Weise ein ähnliches Vorkommen auch im Leben stattfinden könne, dass die Leber diese postmortale Umwandlung des Glycogens mit anderen Organen, in welchen Glycogen vorkomme, theile, dass in keinem Falle aus Pepton Zucker entstehen könne.

Diese Schlusssätze, in welchen Pavy's und Schiff's Anschauungen zusammengeschweisst sind, werden, wie speciell hervorgehoben wird, gegen meine Lehre gerichtet, dass die Zuckerbildung eine wichtige physiologische Function sei und dass Pepton und Fett das Material sind, aus welchem die Leber den Zucker bildet. Die Lehre, dass die Zuckerbildung eine physiologische Function sei, basirt bekanntlich auf einer doppelten Reihe von Versuchen: 1) auf dem Zuckergehalt der den lebendenr Thieren excedirten Leber und 2) auf die gewonnene Erfahrung, dass das Lebervenenblut mehr Zucker enthalte als das Pfortaderblut. Ich habe im Vereine mit Dr. Kratschmer in einer grossen Reihe von Versuchen bei Thieren verschiedener Species nachgewiesen, dass die dem Thiere während des Lebens excidirte Leber 0,4—0,5% Zucker enthalte. Bernard hatte in ähnlichen, in seinem letzten Lebensjahre veröffentlichten Versuchen 0,2—0,3% Zucker in der lebenden Leber gefunden. Dasselbe Resultat hatten Dalton's Versuche und selbst Pavy musste im Gegensatze zu seinen früheren Annahmen zugeben, dass eine solche Leber 0,02—0,05% Zucker enthalte.

---

1) La semaine médicale, Nr. 32, 1887.

2) Pflüger's Archiv für Physiologie, Bd. XLI, 5. und 6. Heft.

Die Ursache, dass wir mehr Zucker gefunden als die früheren Untersucher, lag in der besseren Methode, die wir angewendet und die es möglich machte, die Leber vollständig zu erschöpfen, was bekanntlich eine sehr schwierige und Zeit raubende Operation ist. Girard theilt nun mit, dass er dieselbe Methode angewendet, nur habe er, um nicht durch Wägen Zeit zu verlieren und dadurch die postmortale Zuckerbildung einzuleiten, von kleinen Thieren (Mäusen, Ratten) die ganze Leber und von Kaninchen, Hunden kleine Stücke verarbeitet, die er auf ungefähr 5 gr schätzte. Er habe diese Stücke, die er sogleich nach dem Tode oder einige Secunden vor demselben ausgerissen, in aller Eile zwischen seine Finger gepresst, „um das vorhandene Blute so vollständig wie möglich zu entfernen", und in bereitstehendes siedendes Wasser geworfen. Er konnte nun feststellen, „dass die Leber des gesunden lebenden Thieres entweder gar keinen oder höchstens das Bischen Zucker enthalte, welches im Blute der Lebervenen vorhanden ist. Ich erhielt nie über 0,5 p. m. Zucker."

Es bleibt an und für sich höchst wunderbar, wie Girard dazu gelangen konnte, eine Zuckerziffer festzusellen, da er die verarbeitete Leber nicht gewogen hatte. Ich will ferner unerörtert lassen, ob Girard die schwierige Procedur wirklich so ausgeführt habe, wie wir sie angegeben haben. Er hat mindestens zu erwähnen vergessen, dass er die Leberfladen jedesmal scharf abgepresst und dass er sich überzeugt hatte, dass der letzte Pressrückstand wirklich zuckerfrei war. Ich will seine Ziffer von 0,5 p. m. im Maximum, als das Ergebniss einer tadellosen Erschöpfung der Leber annehmen. Girard bezieht diesen Zuckergehalt auf das in der Leber vorhandene Blut, trotzdem er hervorhebt, dass er das Blut möglichst abgepresst habe. Aber nehmen wir selbst an, er habe auch dies zu thun vergessen und die Leber habe ihr ganzes ihr im Leben angehöriges Blutquantum behalten. Man dürfte wohl kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass die Leber des lebenden Thieres ungefähr 10% Blut enthält, dass in 1000 gr Leber 100 gr Blut eingeschlossen sind. Girard fand im Maximum in 1000 gr Leber 0,5 gr Zucker. Wenn dieser Zucker vom Blute stammt, müsste das Blut einen Zuckergehalt von 0,5% besitzen, ein Zuckergehalt, wie er nur im Blute der schwersten Diabeteskranken gefunden wird.

In Bezug auf den zweiten Beweis für die physiologische

Leberfunction, nämlich auf das vermehrte Vorkommen von Zucker im Lebervenenblut, hat Girard keine Versuche angestellt. In seinem Vortrage in der Genfer medicinischen Gesellschaft sagt er zur Widerlegung dieses Beweises, ohne sich auf Versuche zu stützen: „Was die Gegenwart einer grösseren Menge Zucker in den Lebervenen im Vergleiche zu dem in der Pfortader betrifft, ist dieselbe noch lange nicht festgestellt (elle est loin d'être irréfutablement établie) und könnte dieses Vorkommen ebenso gut auf eine Verlangsamung der Circulation als auf eine der Leber zukommende Eigenthümlichkeit bezogen werden." Ich habe dieses Mehrvorkommen von Zucker im Lebervenenblute in mehr als 60 Versuchen nach drei verschiedenen Methoden festgestellt und es geht doch kaum an, dieser Thatsache gegenüber damit zu antworten, dass dieses Zuckerplus auf eine Verlangsamung der Circulation zu beziehen sei, da es weder bewiesen ist, dass eine solche wirklich bei einer oder gar allen diesen drei Methoden stattgefunden, noch dass dieselbe, wenn sie stattgefunden, eine Zuckervermehrung bewirkt haben könne. Thatsachen von solcher Bedeutung bedürfen doch zu ihrer Widerlegung gründlicher Gegenbeweise.

Girard wendet sich zunächst gegen unsere Versuche, welche darthun sollen, dass Zucker sich bilden könne, ohne dass der Glycogenbestand verändert werde. Wir haben, wie bekannt, diese Versuche an Lebern ausgeführt, welche den lebenden Thieren excidirt waren. Wir fanden bei einer Anzahl von Lebern, speciell bei solchen von Hunden, dass, während in denselben nach dem Tode die Zuckermenge anwächst und innerhalb 24—48 Stunden von 0,5 bis auf 3% und darüber steigt, der Glycogengehalt derselben unverändert bleibt. Der Glycogenbestand wurde in zweifacher Weise bestimmt und zwar in indirecter wie in directer Weise. Bei der ersten Methode wurde ein Theil des Leberdecocts in eine zugeschmolzene Glasröhre mit 2% Salzsäure eingeschlossen und durch 12 Stunden der Siedehitze im Wasserbade ausgesetzt. Es wurde durch diese Procedur das Glycogen in Zucker übergeführt und es stellte sich heraus, dass die in dieser Weise gefundene Zuckermenge, welche der Summe der Kohlehydrate entspricht, allmählich nach dem Tode ansteige, während sie bei der Annahme, dass die Zuckervermehrung auf Kosten des Glycogens stattfinde, stets unverändert bleiben müsste. Girard, der zugibt, diese Thatsache gleichfalls gefunden zu haben, hat dieselbe

in mathematische Formeln gekleidet, fand aber, dass die von ihm aufgestellten, dieser Thatsache entsprechenden Gleichungen falsch wären, weil nach der von uns eingeschlagenen Methode nicht alles Glycogen in Zucker umgewandelt worden sei. Girard glaubt nämlich gefunden zu haben, dass 12 Stunden für die vollständige Umwandlung des Glycogens nicht genügen, dass in dieser Zeit nur 75% der Glycogenmenge umgewandelt werden, und dass zur vollständigen Umwandlung 48 Stunden in Anspruch genommen werden. Wenn Girard damit recht hätte, würde es der schönen mathematischen Formeln nicht bedurft haben, um die Unrichtigkeit der auf unsere Versuche gestützte Schlüsse darzuthun. Nur hat Girard leider nicht die von uns angegebenen Vorschriften eingehalten. Girard gibt 20 ccm eines Leberdecocts in eine „gut geschlossene Flasche“ mit 2—3 ccm 10% Salzsäure. Wir haben ausdrücklich angegeben, dass man das Leberdecoct mit 2% Salzsäure versetzen und in eine Röhre einschmelzen muss, und wie verschieden die Umwandlnng unter diesen verschiedenen Versuchsbedingungen ausfällt, hat Kratschmer[1]) direct nachgewiesen, da bei Zusatz von 1% Salzsäure 24 Stunden zur vollständigen Umwandlung des Glycogens in der zugeschmolzenen Röhre nöthig waren, während bei Zusatz von 2% der Säure schon 6 Stunden für die Umwandlung genügten. Noch ganz anders mögen die Verhältnisse sich herausstellen, wenn man, statt die Flüssigkeit in eine Röhre einzuschmelzen, nur eine gut geschlossene Flasche benützt. Ich kann übrigens Herrn Girard versichern, dass ich jedesmal die in der Röhre eingeschlossene Flüssigkeit durch Zusatz von absolutem Alkohol darauf prüfte, ob das gesammte Glycogen umgewandelt war, ehe ich an eine Zuckerbestimmung ging.

Wir haben aber auch, um jedem Einwand gegen die indirecte Bestimmung gerecht zu werden, das Glycogen direct nach Brücke bestimmt und da abermals bei einer Anzahl von Hunden den Glycogenbestand unverändert gefunden, während der Zuckergehalt von 0,5 auf 3% anstieg. Girard findet auch dieses Ergebniss „sonderbar“; denn ihm ist es bei vier Hunden, bei denen er Zucker und Glycogen direct bestimmte, niemals vorgekommen, dass das Glycogen unverändert bleibt, während der Zucker anstieg. Es sei im

1) Dieses Archiv, Bd. XXIV.

Gegentheile auch bei Hunden ausnahmslos „eine der Zuckerzunahme mehr oder weniger entsprechende Abnahme des Glycogens eingetreten.“ Es ist zu bedauern, dass Girard auch in diesem Puncte seine Versuche nicht genau so anstellte, wie wir es gethan haben. Wir haben Leberstücke unmittelbar nach dem Tode, ferner nach 10 Minuten, nach 2—3 Stunden und nach 24 Stunden untersucht, und wir fanden, dass gerade innerhalb der ersten Stunde die Zuckerzunahme sehr beträchtlich wächst, ohne dass das Glycogen unverändert bleibt. In vier Versuchen an Hunden, bei denen die directe Bestimmung des Glycogens ausgeführt wurde[1]), ist nur in dem Versuche A' der Glycogengehalt selbst nach 72 Stunden unverändert, bei den drei anderen Versuchen erstreckt sich die Unveränderlichkeit des Glycogens nur auf die innerhalb 1—3 Stunden vorgenommenen Untersuchungen, während bei der nach 24 Stunden vorgenommenen schon eine Glycogenabnahme zur Beobachtung kommt. Girard hat das erste Leberstück 10 Minuten nach dem Tode und das 2. nach 24 Stunden untersucht. Vielleicht hätte sich bei der strengen Einhaltung der von uns angegebenen Versuchsmethode eine Uebereinstimmung in unseren Versuchsresultaten gefunden; aber selbst, wenn dies nicht der Fall wäre, so müssen wir doch daran festhalten, dass, wenn auch nur in einigen gut ausgeführten Versuchen sich als positiv herausstellte, dass Zucker zunehmen kann, ohne dass der Glycogenbestand abnimmt, der Schluss berechtigt ist, dass Zucker auch aus anderem Material gebildet werden könne; und weiter sind wir in unseren Schlüssen auf Grundlage unserer damaligen Versuche nicht gelangt.

Endlich hat Girard auch Versuche darüber angestellt, ob die Leber im Stande sei, aus Pepton Zucker zu bilden, und um diesen Nachweis zu liefern, hat er ein eigenthümliches Verfahren eingeschlagen. Bei einer Anzahl von Thieren, die durch schwere operative Eingriffe, die M. Schiff ausgeführt hatte, rotzig geworden waren, stellte sich heraus, dass die Lebern weder Glycogen noch Zucker enthielten und dass auch nach dem Tode Zucker in diesen Lebern nicht nachweissbar war. Girard drückt sich so aus: „Eine gewisse Krankheit der Thiere, machte die Lebern zucker- und glycogenfrei“ (vident le foie de sucre et de glycogène). Diese Lebern hat Girard für seine Versuche benutzt. Er liess Stücke

1) Dieses Archiv, Bd. XXIV.

dieser Lebern in destillirtem Wasser maceriren, welchen er entweder reines Glycogen oder Pepton zugefügt hat. Er fand, dass das Glycogen durch die Leber in Zucker umgewandelt wurde, während das Pepton unverändert blieb. Daraus schliesst er, dass die postmortale Zuckerbildung in der Leber auf Kosten von Glycogen entstehe, dass sie aber unfähig sei, Pepton umzuwandeln. Ich habe den Nachweis für die Umwandlung des Pepton in Zucker dadurch erbracht, dass ich, abgesehen von Injections- und Fütterungsversuchen mit Pepton, Leberstücke, die ich, durch arterielles Blut überlebend erhielt, 8—24 Stunden mit Pepton in Berührung liess. Bei diesem Vorgange erst erhielt ich bemerkenswerthe Mengen Zucker, nachdem die Vorversuche, bei welchen Stücke der gesunden Leber durch einige Zeit mit Pepton in Berührung gewesen waren, mich überzeugt hatten, dass eine solche, wenn auch in sehr engen Grenzen sich bewegende Umwandlung stattfindet. Die Versuche mit der überlebend erhaltenen Leber, lieferten den Beweis, dass diese Umwandlung des Peptons eine Function der lebendigen Leberzelle sei. Es ist doch nun ein eigenthümliches Vorgehen, diese Function dadurch negiren zu wollen, dass man für diese Versuche kranke Lebern verwendet, die schon während des Lebens der Thiere unfähig waren, Zucker zu bilden. Dass eine solche kranke Leber im Stande ist, Glycogen in Zucker umzuwandeln, bestätigt nur, was längst erwiesen ist, dass diese Umwandlung des Glycogens keine Lebensfunction der Leber ist, dass sie diese diastatische Wirkung mit allen Eiweisskörpern theilt[1]), da sogar die gekochte Leber im Stande ist, wie Abeles und wir dies längst nachgewiesen haben, Glycogen in Zucker umzuwandeln.

Auf Grundlage solcher Versuche, die Girard „im Verlaufe einer nach ganz anderen Zielen gerichteten Untersuchung" so nebenbei anstellte, negirt er die normale Zuckerbildung in der Leber, gelangt zu den oben angeführten Schlusssätzen, und findet, dass meine „mit Begeisterung elaborirte Theorie keine solide Basis habe."

1) Dieses Archiv, Bd. XIV.

Untersuchungen über den Eiweissbedarf des Menschen.

Von

Felix Hirschfeld, pract. Arzt.

Im Anschluss an die Arbeiten des Pflüger'schen Laboratoriums, deren Ergebnissen nach der tägliche Eiweissumsatz bei dem Menschen etwas geringer zu sein schien, als man bisher angenommen hatte, forderte mich Herbst v. J. Herr Dr. Landwehr, der Leiter des Würzburger chemisch-physiologischen Instituts, auf, ebenfalls nach der Kjeldahl'schen Methode N-Bestimmungen des Urins vorzunehmen und stellte mir dazu die Mittel seines Instituts in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung.

Die Untersuchungen beschränkten sich damals darauf, die Menge der N-Ausscheidung bei den verschiedenen physiologischen Zuständen festzustellen. Durch ein unvorhergesehenes Ereigniss wurden die Arbeiten jedoch damals abgebrochen. Erst Juni l. J. konnte ich sie wieder aufnehmen und war jetzt der Zweck meiner Untersuchungen, die Grösse des Eiweissbedarfs für den Menschen zu bestimmen, d. h. inwieweit sich noch das Eiweiss durch andere Nahrungsstoffe vertreten lasse.

Ausgehend von zahlreichen Versuchen am Hund hatte Voit dann die Ernährungsgesetze des Menschen festgestellt. Er beobachtete, dass ein Versuchshund bei einem Gewicht von ca. 30 kg im Hunger constant ca. 6 gr N d. s. ca. 40 gr Eiweiss oder 170 gr Muskelfleisch zersetzte[2]). Trotzdem konnte derselbe bei Genuss von 500 gr Fleisch nur dann sich auf dem N-Gleichgewicht erhalten, d. h. er zersetzte nicht mehr Fleisch, als ihm in der Nahrung geboten war, wenn ihm reichliche Mengen Fett oder Kohlehydrate gereicht wurden.

---

1) Pflüger's Archiv, Band 36 und 38, Die Untersuchungen von Pflüger und Bohland und Bleibtreu und Bohland.

2) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 113.

Diese Thatsache schien mit den bei dem Menschen beobachteten Verhältnissen in gutem Zusammenhang zu stehen. Bei längerem Hunger war bei Geisteskranken immer eine constante N-Ausscheidung von ca. 4—6 gr gefunden worden[1]), so auch neuerdings von Tuczek[2]). Vor kurzem konnte in der bekannten 10 tägigen Hungerperiode Cettis[3]) allerdings keine immer gleichbleibende Ausscheidung gefunden werden, vielmehr sank dieselbe ganz allmählich von 13 auf 10 gr N. Munk bezog dies darauf, dass bei der Versuchsperson ein ausserordentlich eiweissreicher und fettarmer Organismus vorlag und die Harnstoffausscheidung noch durch reichliches Wassertrinken vermehrt war. Jedenfalls wurden auch vom Menschen im Hunger immer geringere Mengen N ausgeschieden, als dies nach den verschiedensten Beobachtern bei den meisten Bevölkerungsklassen am häufigsten der Fall war.

Im Wesentlichen nahm man an, müsste der in der Nahrung enthaltene N in Eiweiss geboten werden. Entsprechend den im Urin meist gefundenen Werthen von 15—20 gr N glaubte man daher, dass bei normaler Resorption ca. 100—130 gr Eiweiss für den erwachsenen Mann nothwendig seien. Der Frage, in wie weit es möglich wäre, dass für einen Theil dieser Eiweissmenge andere Nahrungsstoffe als Ersatz eintreten könne, war man bisher, wenn man von einigen älteren Versuchen absieht, nicht näher getreten. Nur am Thier angestellte Experimente lagen hierüber vor. Nach diesen erscheint als bestes Ersatzmittel für Eiweiss der Leim, wenn man die Peptone nicht berücksichtigt, die wohl für gewöhnlich als Nahrungsmittel nicht in Betracht kommen.

Der Leim wird unter normalen Verhältnissen[4]) schon in der Nahrung als leimgebendes Gewebe in den Sehnen dem Bindegewebe des Fleisches in verschiedener Menge genossen. Er enthält[5]) procentuarisch weniger C, N und S als das Eiweiss, es fehlt ihm wahrscheinlich die aromatische Gruppe.

Nach den Untersuchungen von Voit ist es möglich, durch reichliche Darreichung von Leim den Eiweissverlust des Körpers

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 84.
2) Tuczek cit. nach Maly, Jahresbericht XV, 401.
3) Berlin. Klin. Wochenschrift 1887, S. 428.
4) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 395 u. f.
5) Munk und Uffelmann, Handbuch der Diätet. S. 36.

oder den Bedarf des Körpers an eiweisshaltigen Bestandtheilen bedeutend herabzusetzen. Schliesslich hat nach Voit der Organismus nur so viel Eiweiss nothwendig, als er zum Ersatz der zu Grunde gegangenen Blutkörperchen und Epithelien bedarf. Der Leim wird dabei rasch und vollständig zerstört. Eine Bildung von Eiweiss aus Leim oder ein Zurückbleiben von ihm als solchen darf daher nicht angenommen werden, da er rasch nach seiner Aufnahme aus dem Körper auch entfernt wird, wenigstens sich seine N-haltigen Bestandtheile als Harnstoff auffinden lassen. Ebenso oder ähnlich verhalten sich die leimgebenden Gewebe, Sehnen u. s. w., welche noch besonders die Vorzüge haben, dass sie verhältnissmässig rasch verdaut und resorbirt werden.

Voit[1]) sagt über diesen Gegenstand:

„Der Leim erspart Eiweiss in viel höherem Grade als das Fett und die Kohlehydrate, denn 100 Theile Leim ersetzen 50 Theile Eiweiss und er wird in dieser Beziehung nur vom Pepton übertroffen.“ Und weiter:

„Es muss jedoch stets zu dem Leim eine gewisse Menge Eiweiss hinzugesetzt werden, um den Eiweissbestand des Körpers zu erhalten.“

Nach diesen Resultaten wird es theilweise begreiflich, dass man eigentlich verzichtete, dem Menschen Ersatzmittel für das Eiweiss zu reichen, da weder Pepton noch Leim gut in grösserer Menge genossen werden können. Dabei erscheint es nun wichtig zu wissen, warum gerade diese Stoffe so geeignet erscheinen und nicht die Fette oder Kohlehydrate, denn da der Leim doch nicht zum Aufbau des Organismus dient, könnte es nur die Zersetzung N-haltiger Atomencomplexe sein, welche für den Organismus so wichtig wäre. Man musste demnach zwei Ursachen für den Eiweissbedarf annehmen.

Erstens den Wiederersatz des zu Grunde gegangenen organisirten Zellenmaterials, zweitens die Zersetzung einer gewissen Menge N-haltiger Bestandtheile, mögen dieselben in Eiweiss oder Leim gereicht werden. Der Unterschied zwischen dieser Annahme und der früheren sogenannten Luxustheorie wäre demnach nur der, dass nach dieser die Zersetzung dieses überschüssigen Eiweissmaterials als unnütz für den Organismus bezeichnet wurde, wäh-

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 400.

rend man jetzt diesen Vorgang der Spaltung und Ausscheidung des Eiweisses oder Leims als unentbehrlich für die Existenz der Zelle hinstellt.

Erkennt man diesen Satz nicht an, so müsste man den schon unter normalen Verhältnissen in grosser Menge genossenen Nahrungsstoffen, den Fetten und Kohlehydraten, die gleiche Rolle in Bezug auf den Eiweissersatz zuerkennen. Oder man müsste annehmen, dass bei der Leimnahrung die Eiweisszersetzung im Organismus, beziehungsweise der Eiweissverbrauch sich nach ganz anderen Normen regelt, als wenn nur Eiweiss, Fette und Kohlehydrate ohne Leim oder nur mit so viel, als in dem hauptsächlichsten eiweisshaltigen Nahrungsmittel dem Fleisch enthalten ist, genossen werden.

Die Kohlehydrate scheinen jedoch nach den meisten Untersuchungen keinen so günstigen Einfluss als eiweisssparende Nahrungsmittel auf den Organismus zu entfalten. Sie können nach Voit[1]) den Eiweissumsatz nur um durchschnittlich 9%, im höchsten Falle 15% herabsetzen. Auch den Fetten[2]) misst er in dieser Beziehung keine höhere Bedeutung bei. Neuerdings untersuchte Rubner diese Verhältnisse. Er konnte beim Hunde die N-Ausscheidung im Hunger durch reichlichen Genuss von Kohlehydraten besonders Zucker in 4—5 Tagen um 30—40% herabsetzen[3]). Beim Huhn gelang ihm dies aus ihm unbekannten Gründen allerdings nicht in dem Grade.

„Für einen idealen Zustand, so führt er[4]) aus, wäre das Eiweiss nur für die Wachsthumsvorgänge (im weitesten Sinne) im Organismus nöthig; wenn nun dasselbe unter den angegebenen Bedingungen auch zum Theil zerfällt, so ist doch dieser Zerfall zu unbedeutend, um irgend für den Kraftwechsel in Betracht zu kommen, für welchen letzteren alle Stoffe die Quelle darstellen können.“

Schliesslich fügt er jedoch hinzu:

„Ich hebe jedoch nochmals hervor, dass man aus dem geringen Verbrauch eiweissartigen Materials bei Zufuhr N-freier

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 140.

2) Voit, ebenda, S. 127.

3) Rubner, Die Vertretungswerthe der hauptsächlichsten organischen Nahrungsstoffe im Thierkörper, Zeitschr. f. Biol. XIX.

4) Ebenda, S. 393.

Stoffe nicht auf eine untergeordnete Bedeutung des ersteren schliessen darf, wenn die Aufgabe gestellt ist, den N-Bestand eines Organismus zu erhalten. Wie schon früher einmal gesagt wurde, kann man das Letztere nur dann erreichen, wenn die mehrfache Menge des bei Hunger oder N-freier Kost zerstörten Eiweisses zugeführt wird."

Von noch grösserem Werth ist eine Untersuchungsreihe von E. Salkowski[1]). Derselbe prüfte den Einfluss von Ammonsalzen auf die Harnstoffausscheidung. Das Thier bekam ca. 30 Tage lang immer dasselbe Futter, das aus ca. 50 gr condensirter Milch, 50 gr Speck und 150 gr Brod bestand. Es ist hier also vermieden, dem Thier nur einen Nahrungsstoff zu bieten. Dadurch ist einestheils wohl eine bessere Resorption erzielt worden, andererseits wurde es möglich, das Thier so lange bei dieser Kost zu erhalten. Während dieser Zeit sank die N-Ausscheidung im Urin auf 2,6 bis 3,0 gr. Rechnet man, dass ein ca. 30 kg schwerer Hund im Hunger, wie Voit constatirte, ca. 6 gr N ausscheidet, so hätte bei obigem Versuchsthier bei einem Gewicht von 22 kg eine Tagesausscheidung von ca. 4,5 gr erfolgen müssen, oder vielleicht eine noch grössere Menge, da kleinere Thiere einen verhältnissmässig regeren Eiweissumsatz haben.

Zieht man den N-Gehalt der Nahrung in Betracht[2]), so ist

50 gr condensirte Milch	=	6 gr Eiweiss
150 „ Brod	=	12,7 „ „
50 „ Speck	=	1,5 „ „
		20,2 gr Eiweiss

d. s. 3,2 gr N.

Es ist also wahrscheinlich, dass bei dieser ungenügenden Ernährung, besonders da noch viel durch mangelnde Resorption in Verlust ging, doch das Thier täglich nur ca. $^1/_2$ gr N d. s. 3 gr Eiweiss von seinem Körper zusetzte!

Bei all diesen Versuchen ist beachtenswerth, dass als Versuchsthier der Hund, also ein wesentlich fleischfressendes Thier,

1) Zeitschr. für phys. Chemie, Band I, S. 43 u. 44.

2) Genaue Angaben über die Zusammensetzung der gebrauchten Nahrungsmittel konnte ich nicht erhalten, die Zahlen sind aus den später erwähnten Abhandlungen Voits und König entnommen.

benutzt wurde. Dass für letzteres das vegetabilische Futter, als meist aus Kohlehydraten bestehend, ungeeignet erscheint, liegt auf der Hand. E. Bischoff[1]) sieht den Grund hierfür theilweise in der Kürze des Darms und darin, dass diese Nahrungsmittel, in seinem Versuche das Brod, grosse Neigung zu saueren Gährungen und Zersetzungen hatten.

Diesen Thatsachen gegenüber schien daher eine Untersuchung angezeigt, ob der Mensch nicht im Stande wäre, mit weniger Eiweiss, als bisher für ihn als nothwendig angenommen wurde, das N-Gleichgewicht am Körper herzustellen, wofern er sich nur reichlich Kohlehydrate und Fette zuführte.

Schon Beneke[2]) wies nach, dass ein erwachsener Mann auch mit weniger als 100 gr Eiweiss für den Tag sich erhalten könne. Ihm genügten bei allerdings leichter Arbeit in einer 15 tägigen Versuchsreihe durchschnittlich ca. 90 gr.

Auch Flügge beobachtete, dass ein Mann meist nur 8—10 gr N d. s. (entsprechend 50—62,5 gr Eiweiss) in 24 Stunden im Urin ausschied. Doch betont er selbst, dass derselbe eine schwächliche Körperconstitution und geringe körperliche Leistungsfähigkeit darbot.

Versuchsperson ist in unseren Untersuchungen Verfasser selbst. Derselbe ist 24 Jahre alt, 1,73 gross und bei gewöhnlich leichter Kleidung 73 kg schwer. Geringer Pannicul. adipos., ziemlich kräftige Muskulatur. Verf. war vor kurzem Soldat und glaubt daher, die Körperkräfte zu besitzen, welche man bei einem Arbeiter, der mittelschwere Arbeit zu leisten hat, voraussetzt.

Die gewohnte tägliche Nahrung enthielt, wie im November 1886 vorgenommene Bestimmungen ergaben, ca. 100—130 gr Eiweiss. Die N-Ausscheidung im Urin schwankte zwischen 16 bis 20 gr N.

Als Nahrungsmittel wurden vorzüglich die an Kohlehydraten reichen und an Albuminaten armen Stoffe, Reis, Kartoffeln, Bier u. s. w. gewählt, von Fetten besonders Butter, in zweiter Linie Speck. Die Zubereitung war die denkbar einfachste, sowohl der äusseren Umstände halber als der genauen Controlle wegen.

---

1) E. Bischoff, Zeitschr. f. Biolog. V, S. 455.

2) Beneke, Zur Ernährungslehre des gesunden Menschen.

3) Flügge, Beiträge zur Hygiene, S. 102.

Die Kartoffeln wurden immer roh gewogen und in den Schalen gekocht. Die Abfallstoffe ergaben sich darauf als ca. 5 % bis 7 %. Es wurden daher immer 530 gr abgewogen, um 500 gr zu erhalten. Der N-Gehalt schwankte nach vom Verfasser vorgenommenen Analysen zwischen 0,32—0,35 %. Der Gehalt an N-Substanzen wäre demgemäss ca. 2,0—2,2 %. Letztere Zahl wurde angenommen, da sie mit der von König[1]) für weissfleischige Kartoffeln als Mittelzahl gegebenen übereinstimmt. Die Kohlehydrate nahmen wir nach derselben Angabe als 20 % an. Der Reis[2]) wurde als 7 % Eiweissstoffe und 78 % Kohlehydrate haltend, das Brod als Semmel[3]) mit 60 % Kohlehydraten und 10 % eiweisshaltigen Stoffen gerechnet. Der Reis wurde meist in Form eines festen Breies mit reichlich Butter oder etwas Zucker verzehrt. Das Bier[4]) wurde als Sommerbier mit 0,5, als Exportbier mit 0,7 % Gehalt an N-haltigen Stoffen mit 6 % Extract- und 3 % beziehungsweise 4 % Alcoholgehalt gerechnet. Der Kaffee[5]), der täglich in einer Menge von ca. 20 gr verwendet wurde, ist mit 3 % N-haltigen Stoffen (vorzüglich Caffein), der Wein[6]) mit 0,2 % Eiweissstoffen, 8 % Alcohol und 1 % Zucker gerechnet. Der Butter legte man nach Voit[7]) eine Zusammensetzung von 0,9 % Eiweissstoffen und 92 % Fett bei der Berechnung zu Grunde, dem Speck nach eigener Analyse ca. 3 % Eiweiss und 75 % Fett[8]).

Während der Versuchszeit wurden täglich durchschnittlich 2 Liter Bier und bisweilen etwas Wein getrunken. Wenn es Bedenken erregen könnte, dass also verhältnissmässig grosse Mengen Alcohol genossen wurden und dass dieser einen Einfluss auf den Stoffwechsel ausüben konnte, so ist zu erwägen, dass in hiesiger Gegend (in Bayern) von dem grössten Theil der Bevölkerung ähnliche Quantitäten meist getrunken werden und dass sie in dieser

1) J. König, Chemische Zusammensetzung der menschl. Nahrungs- u. Genussmittel, Berl. 1879, S. 96.

2) J. König, Die menschl. Nahrungs- und Genussmittel, Berl. 1880, S. 285.

3) Voit, Handbuch des Stoffwechsels.

4) J. König, Die menschl. Nahrungs- und Genussmittel, S. 424.

5) J. König, ebenda, S. 481.

6) J. König, ebenda, S. 457.

7) Voit, Handbuch des Stoffwechsels, S. 457.

8) J. König, ebenda, S. 170.

Form wohl als Nahrungsmittel gelten dürfen. Auch die Angabe, dass Alcohol den N-Umsatz verringere, verliert dadurch an Bedeutung, dass, wie die erwähnten Untersuchungen Rubner's zeigen, dies andere Nahrungsstoffe noch in viel höherem Maasse thun.

Die Verdauung und Resorption der Nahrung schien eine sehr günstige zu sein. Verdauungsbeschwerden traten nur einmal auf und verschwanden auf Genuss von etwas Rothwein rasch. Die Fäces wurden alle 2—3 Tage entleert, sie waren von geringer Menge, meist wasserarm und dunkelbraun. Sie wurden einmal untersucht und bestand, wenn man den N-Gehalt des Urins und der Fäces zusammenaddirte, doch kein Ueberschuss der N-Abgabe über die N-Aufnahme.

Der Urin war von derselben Färbung wie bei der gewöhnlichen eiweissreichen Ernährung. Er wurde immer frei von Eiweiss und trotz oft reichlichen Genusses von Zucker auch zuckerfrei befunden. Sein N-Gehalt schien von der Flüssigkeitsmenge nicht abhängig zu sein, da an den Tagen, an welchen mehr getrunken und auch demgemäss mehr Wasser ausgeschieden wurde, keine deutlich wahrnehmbare Steigerung der N-Ausfuhr eintrat.

Während beider Versuchsreihen, besonders in der ersten, wurde eine grössere körperliche Arbeit geleistet, als Verfasser sonst gewohnt war. Täglich wurde eine Stunde — zu verschiedenen Tageszeiten in kleinen Perioden — mit Hanteln von ca. 12 kg kräftig gehantelt, 2—3 Stunden wurde ziemlich rasch spaziren gegangen, ausserdem täglich Bergbesteigungen von 2—300 m gemacht. Im übrigen wurde im Verlauf des Tages ca. 6—7 Stunden Laboratoriumsarbeit verrichtet. In der zweiten Versuchsreihe legte Verfasser am 8. beziehungsweise 9. Versuchstage in 8 Stunden von früh 3 Uhr bis 11 Uhr einen Marsch von über 43 km in leicht bergiger Gegend zurück. Die körperliche Leistungsfähigkeit war durch diese Kost also durchaus nicht herabgesetzt. Vielmehr liess sich besonders an den Armen eher eine Vermehrung derselben erkennen.

Um dabei nicht durch den Schweiss nicht genau zu controllirende Verluste zu erleiden, wurde an einzelnen Tagen möglichst wenig gearbeitet, so dass die Schweisssecretion dann fast vollständig unterdrückt war. Hierbei trat nun keine wahrnehmbare Aenderung der N-Ausfuhr ein. Auch waren bei einem im Winter gemachten Versuch, wo nach 3 tägiger N-armer Kost ein ca. 6 Stunden

dauernder Marsch mit Bergbesteigungen gemacht wurde, ebenfalls geringe N-Mengen im Urin, während die Schweissabsonderung an diesem Tage kaum ins Gewicht fiel. Wenn man den geringen N-Gehalt der Körpersäfte d. h. die geringe Menge von circulirendem Eiweiss in Betracht zieht, scheint es sehr wahrscheinlich, dass der überdies nicht bedeutende N-Gehalt des Schweisses hier noch niedriger war.

Das Gewicht sank in der ersten Versuchsreihe um ca. $^1/_2$ kg, in der zweiten Reihe liess sich eine Abnahme nicht constatiren.

I. Versuchsreihe.

15.—16. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 „ Butter	1,4	138	156	
200 „ Reis	14,0			
100 „ Milch	4,0	4	4,0	
20 „ Caffee	0,6			
2 Liter Bier	10,0		120	60
$^1/_2$ „ Wein	1,0		5,0	40
70 gr Zucker			70	
	42,0 gr	142 gr	455 gr	100 gr.

Urin 980 ccm.

10 ccm entsprechen 7,0 ccm Normalschwefelsäure = 0,098 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 9,604 gr.

„ „ „ in der Nahrung 6,72 „

16.—17. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 „ Butter	1,4	138		
150 „ Reis	10,5		117	
40 „ Speck	1,2	30,0		
100 „ Milch	4,0	4,0	4,0	
2 Liter Bier	10,0		120	60,0
70 gr Zucker			70,0	
1 Ei	6,0	5,0		
20 gr Caffee	0,6			
	44,7 gr	177 gr	411 gr	60 gr.

Urin 970 ccm.

10 ccm entsprechen 5,5 ccm Normalschwefelsäure = 0,077 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 7,469 gr.

" " " in der Nahrung 7,15 "

17.—18. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
140 " Butter	1,3	129		
150 " Reis	10,5		117	
30 " Speck	0,9	22		
1 Ei	6,0	5,0		
100 gr Milch	4,0	4,0	4,0	
20 " Caffee	0,6			
2 Liter Bier	10,0		120	60
1/2 " Wein	1,0		5	40
60 gr Zucker			60	
	45,3 gr	160 gr	406 gr	100 gr.

Urin 1270 ccm.

10 ccm entsprechen 3,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0532 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 6,756 gr.

" " " in der Nahrung 7,25 "

18.—19. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 " Butter	1,4	138		
150 " Reis	10,5		117	
1 Ei	6,0	5,0		
100 gr Milch	4,0	4,0	4,0	
1 1/2 Liter Bier	7,5		90,0	45
1/4 " Wein	0,5		2,0	20
20 gr Caffee	0,6			
60 " Zucker			60,0	
	41,5 gr	147 gr	373 gr	65 gr.

Urin 1160 ccm.

10 ccm entsprechen 3,4 ccm Normalschwefelsäure = 0,0476 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,52 gr.

" " " in der Nahrung 6,64 "

19.—20. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
100 „ Butter	0,9	92		
130 „ Reis	9,1		101	
100 „ Speck	3,0	75		
100 „ Milch	4,0	4,0	4,0	
2 Liter Bier	10,0		120	60
20 gr Caffee	0,6			
60 „ Zucker			60	
	38,6 gr	171 gr	385 gr	60 gr.

Urin 1200 ccm.

10 ccm entsprechen 3,4 ccm Normalschwefelsäure = 0,0476 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,71 gr.

„ „ „ in der Nahrung 6,18 „

20.—21. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
100 „ Butter	0,9	92		
150 „ Reis	10,5		117	
$2^1/_5$ Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	13,0		132	76
100 gr Speck	3,0	75		
20 „ Fleisch	4,0			
100 „ Milch	4,0	4,0	4,0	
20 „ Caffee	0,6			
50 „ Zucker			50	
	47 gr	171 gr	403 gr	76 gr.

Urin 1520 ccm.

10 ccm entsprechen 2,5 ccm Normalschwefelsäure = 0,035 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,32 gr.

„ „ „ in der Nahrung 7,52 „

21.—22. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
110 „ Butter	1,0	100		
120 „ Reis	8,4		94	
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
120 gr Speck	3,6	90		
20 „ Caffee	0,6			
100 „ Milch	4,0	4	4	
50 „ Zucker			50	
	40,6 gr	194 gr	368 gr	70 gr.

Urin 1480 ccm.

10 ccm entsprechen 2,6 ccm Normalschwefelsäure = 0,0364 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,387 gr.
" " " in der Nahrung 6,3 "

22.—23. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
120 " Butter	1,1	110		
1/2 Liter Bier	2,5		30	15
3/5 " Rothwein	1,2		6,0	48
130 gr Reis	9,1		101	
20 " Caffee	0,6			
50 " Milch	2,0	2,0	2,0	
40 " Zucker			40	
	27,5 gr	112 gr	279 gr	63 gr.

Urin 1250 ccm.

10 ccm entsprechen 2,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0392 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 4,9 gr.
" " " in der Nahrung 4,4 "

23.—24. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
180 " Butter	1,7	165		
1/2 Liter Bier	2,5		30	15
50 gr Milch	2,0	2	2	
150 " Reis	10,5		117	
1 Liter Rothwein	2,0		10	80
30 gr Brod	3,0		18	
50 " Speck	1,5	37		
20 " Caffee	0,6			
40 " Zucker			40	
	34,8 gr	204 gr	317 gr	95 gr.

Urin 1120 ccm.

10 ccm entsprechen 2,5 ccm Normalschwefelsäure = 0,035 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 3,92 gr.
" " " in der Nahrung 5,56 "

24.—25. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 „ Butter	1,4	138		
$1^1/_2$ Liter Wein	3,0		15	120
30 gr Reis	2,1		23	
2 Eier	12,0	10		
40 gr Brod	4,0		24	
50 „ Zucker			50	
20 „ Caffee	0,6			
	34,1 gr	148 gr	212 gr	120 gr.

Urin 1750 ccm.

10 ccm entsprechen 1,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0252 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 4,41 gr

„ „ „ in der Nahrung 5,44 „

25.—26. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
160 „ Butter	1,5	147		
100 „ Reis	7,0		78	
60 „ Milch	2,4	2	2	
30 „ Brod	3,0		18	
30 „ Caffee	0,9			
60 „ Speck	1,8	45		
1 Ei	6,0	5		
1 Liter Bier	5,0		60	30
30 gr Zucker			50	
	38,6 gr	199 gr	308 gr	30 gr.

Urin 900 ccm.

10 ccm entsprechen 4,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0672 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 6,048 gr.

„ „ „ in der Nahrung 6,2 „

26.—27. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 „ Butter	1,4	138		
90 „ Reis	6,3		70	
80 „ Speck	2,4	60		
$1^1/_2$ Liter Bier	7,5		90	45
20 gr Caffee	0,6			
60 „ Zucker			60	
100 „ Milch	4,0	4	4	
	33,2 gr	202 gr	324 gr	45 gr.

Urin 890 ccm.

10 ccm entsprechen 4,0 ccm Normalschwefelsäure = 0,056 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 4,984 gr.
" " " in der Nahrung 5,3 "

27.—28. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
120 " Butter	1,1	110		
80 " Reis	5,6		62	
30 " Fleisch	6,4			
120 " Speck	3,6	90		
50 " Milch	2,0	2,0	2,0	
2 Liter Bier	10,0		120	60
20 gr Caffee	0,6		80	
80 " Zucker				20
1/4 Liter Wein	0,5		2	
	40,8 gr	202 gr	366 gr	80 gr.

Urin 1460 ccm.
10 ccm entsprechen 2,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0392 gr N.
Gesammtmenge des N im Urin 5,723 gr.
" " " in der Nahrung 6,5 "

28.—29. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
200 " Butter	1,8	184		
80 " Reis	5,6		62	
2 1/2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	14,5		150	85
20 gr Caffee	0,6		24	
40 " Brod	4,0			
60 " Zucker			60	
	37,5 gr	184 gr	396 gr	85 gr.

Urin 1850 ccm.
10 ccm entsprechen 2,0 ccm Normalschwefelsäure = 0,028 gr N.
Gesammtmenge des N im Urin 5,18 gr.
" " " in der Nahrung 6,0 "

29.—30. Juni.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 " Butter	1,4	138		
80 " Reis	5,6		62	
50 " Speck	1,5	37		
1 Ei	6,0	5		
20 gr Caffee	0,6			
2 Ltr. Bier (1/2 Ltr. Export)	11,0		120	65
90 gr Zucker			90	
	371 gr	180 gr	372 gr	65 gr.

Urin 1840 ccm.

10 ccm entsprechen 1,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0252 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 4,636 gr.

" " " in der Nahrung 5,93 "

I. Versuchsreihe.

	Aufgenommener N.	Abgegebener N.
1. Tag	6,72	9,604
2. "	7,15	7,469
3. "	7,25	6,756
4. "	6,64	5,52
5. "	6,18	5,71
6. "	7,52	5,32
7. "	6,3	5,387
8. "	4,4	4,9
9. "	5,56	3,92
10. "	5,44	4,41
11. "	6,2	6,048
12. "	5,3	4,984
13. "	6,5	5,723
14. "	6,0	5,18
15. "	5,93	4,636

Die durchschnittliche N-Aufnahme vom 4.—15. Tage war 6,0 gr N.
Die N-Abgabe war 5,14 gr N.
Durchschnittswerth der Nahrung an den einzelnen Tagen:

an N-haltigen Stoffen	38,89 gr
an Fetten	172,6 "
an Kohlehydraten	358,3 "
an Alcohol	74,2 "

II. Versuchsreihe.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
180 " Butter	1,6	165		
120 " Reis	8,4		94	
40 " Semmel	4,0		24	
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
20 gr Caffee	0,6			
50 " Milch	2,0	2,0	2,0	
80 " Zucker			80	
	39,6 gr	167 gr	420 gr	70 gr.

Urin konnte in Folge eines Versehens nicht bestimmt werden.
Menge des N in der Nahrung 6,3 gr.

10.—11. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
150 „ Butter	1,4	138		
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
120 gr Reis	8,4		94	
90 „ Zucker			90	
20 „ Caffee	0,6			
40 „ Semmel	4,0		24	
	37,4 gr	138 gr	428 gr	70 gr.

Urin 1230 ccm.

10 ccm entsprechen 4,6 ccm Normalschwefelsäure = 0,0644 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 7,921 gr.

„ „ „ in der Nahrung 6,0 „

11.—12. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
200 „ Butter	1,8	184		
120 „ Reis	8,4		94	
40 „ Brod	4,0		24	
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
20 gr Caffee	0,6			
70 „ Zucker			70	
1/4 Liter Wein	0,5		2	20
	38,3 gr	184 gr	410 gr	90 gr.

Urin 1620 ccm.

10 ccm entsprechen 3,0 ccm Normalschwefelsäure = 0,042 gr.

Gesammtmenge des N im Urin 6,804 gr.

„ „ „ in der Nahrung 6,1 „

12.—13. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
210 „ Butter	1,9	193		
120 „ Hirse	13,9		84	
40 „ Semmel	4,0		24	70
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	
20 gr Caffee	0,6			
80 „ Zucker			80	80
	43,4 gr	193 gr	408 gr	70 gr.

Urin 1530 ccm.

10 ccm entsprechen 2,6 ccm Normalschwefelsäure = 0,0364 gr N.
Gesammtmenge des N im Urin 5,569 gr.
" " " in der Nahrung 6,9 "

13.—14. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
220 " Butter	2,0	202		
50 " Reis	3,5		39	
80 " Semmel	8,0		48	
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
20 gr Caffee	0,6			
80 " Zucker			80	
	37,1 gr	202 gr	387 gr	70 gr.

Urin 1050 ccm.
10 ccm entsprechen 3,2 ccm Normalschwefelsäure = 0,0448 gr N.
Gesammtmenge des N im Urin 4,704 gr.
" " " in der Nahrung 5,9 "

14.—15. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
500 gr Kartoffeln	11,0		100	
160 " Butter	1,4	147		
70 " Reis	4,9		55	
30 " Semmel	3,0		18	
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
20 gr Caffee	0,6			
80 " Zucker			80	
	32,9 gr	147 gr	373 gr	70 gr.

Urin 1120 ccm.
10 ccm entsprechen 2,4 ccm Normalschwefelsäure = 0,0336 gr N.
Gesammtmenge des N im Urin 3,763 gr.
" " " in der Nahrung 5,3 "

15.—16. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
400 gr Kartoffeln	88		80	
160 " Butter	1,4	147		
80 " Reis	5,6		62	
2 Ltr. Bier ($1^1/_2$ Ltr. Export)	13,0		120	75
20 gr Semmel	2,0		12	
20 " Caffee	0,6			
80 " Zucker			80	
	31,4 gr	147 gr	354 gr	75 gr.

Urin 1200 ccm.

10 ccm entsprechen 2,8 ccm Normalschwefelsäure = 0,0392 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 4,704 gr.

" " " in der Nahrung 5,0 "

16.—17. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
400 gr Kartoffeln	8,8		80	
200 " Butter	1,8	184		
1 Liter Exportbier	7,0		60	40
1/2 " Wein	1,0		5	40
60 gr Reis	4,2		148	
180 " Brod	18,0		108	
30 " Speck	0,9	22		
20 " Caffee	0,6			
120 " Zucker			120	
	42,3 gr	206 gr	420 gr	80 gr.

Urin 1190 ccm.

10 ccm entsprechen 3,3 ccm Normalschwefelsäure = 0,0462 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,497 gr.

" " " in der Nahrung 6,8 "

17.—18. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
600 gr Kartoffeln	13,2		120	
200 " Butter	1,8	184		
110 " Semmel	11,0		66	
1 Ei	6,0	5		
2 Liter Bier	10,0		120	60
20 gr Caffee	0,6			
90 " Zucker			90	
	42,6 gr	189 gr	396 gr	60 gr.

Urin 1080 ccm.

10 ccm entsprechen 3,7 ccm Normalschwefelsäure = 0,0518 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin 5,5944 gr.

" " " in der Nahrung 6,8 "

18.—19. Juli.

	N-haltige Stoffe	Fette	C-Hydrate	Alcohol
400 gr Kartoffeln	8,8		80	
180 " Butter	1,6	166	72	
120 " Brod	12,0		39	
50 " Reis	3,5			
2 Ltr. Bier (1 Ltr. Export)	12,0		120	70
80 gr Zucker			80	
20 " Caffee	0,6			
	38,5 gr	166 gr	391 gr	70 gr.

Urin 1180 ccm.
10 ccm entsprechen 3,2 ccm Normalschwefelsäure = 0,0448 gr N.

Gesammtmenge des N im Urin		5,286 gr.
„ „ „ in der Nahrung		6,2 „

II. Versuchsreihe.

Aufgenommener N.	Abgegebener N.
6,3 gr	
6,0	7,921 gr
6,1	6,804
6,9	5,569
5,9	4,704
5,3	3,763
5,0	4,704
6,8	5,497
6,8	5,594
6,2	5,286

Die durchschnittliche N-Aufnahme vom 4.—10. Tage war = 6,11 gr N.
Die N-Abgabe war 5,01 gr N.
Durchschnittswerth der Nahrung an den einzelnen Tagen:

an N-haltigen Stoffen	38,4 gr.
an Fetten	173,9 „
an Kohlehydraten	398,7 „
an Alcohol	72,5 „

Fasst man nach diesen Zahlen den Gang der Eiweisszersetzung zuerst ins Auge, so findet man:

Die im Urin ausgeschiedene N-Menge übersteigt nur an den beiden ersten Tagen, im zweiten Versuche an den drei ersten Tagen, die aufgenommene. Der Organismus setzt sich dann mit der eingeführten Eiweissmenge ins Gleichgewicht, das er am dritten beziehungsweise vierten Tag erreicht zu haben scheint. Dasselbe wiederholte sich noch einmal, als in der ersten Versuchsreihe die eingeführte N-Menge von 6,3 auf 4,4 gr herabgesetzt wurde. Aehnlich sind die Zahlen der zweiten Versuchsreihe. Man kann dies, wenn man den von Voit[1]) angegebenen Gang der Eiweisszersetzungen verfolgt, leicht erklären.

Die der Ernährung mit 100—120 gr Eiweiss entsprechende Menge von circulirendem Eiweiss ging, sowie diese Kost nicht

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 303 u. folg.

mehr geboten wurde, allmählich in Verlust. Es blieb am Körper nur so viel Eiweiss — natürlich circulirendes, nicht Organeiweiss — wie viel der geringeren Eiweissmenge der Nahrung entsprach. Dabei ist zu beachten, dass der gesammte N unserer Nahrung nicht in Eiweiss enthalten war! Wenn man vom N des Caffein absieht, so ist doch wichtig, dass in den Kartoffeln durchschnittlich nur 50—70% der N-haltigen Stoffe Eiweiss sind[1]), den übrigen Theil machen Amidokörper, Peptone u. s. w. aus.

Dasselbe Verhalten, d. h. die Abgabe von circulirendem Eiweiss bei nicht genügender Neueinfuhr ist dann wieder zu beobachten, als in der ersten Versuchsreihe die Menge an N-haltigen Substanzen von 6,3 auf 4,4 gr vermindert wurde.

Ob mit letzterer Nahrungsmenge, die an Eiweissstoffen nicht mehr als 20—25 gr enthielt, das Minimum an Eiweiss bestimmt ist, mit dem der erwachsene Mensch auskommt, ist nicht zu entscheiden. Jedenfalls geht die N-Ausscheidung in unseren Versuchen ebenso wie bei reichlicher Ernährung der N-Aufnahme deutlich parallel. Dadurch allein wird schon die Annahme kaum denkbar, dass während der Versuchszeit eine Degeneration von Körpereiweiss stattgefunden hätte, welche doch auf die Grösse der N-Ausscheidung einen sicher leicht nachweisbaren Einfluss ausgeübt haben würde. Auch der Umstand, dass die körperliche Leistungsfähigkeit, wie erwähnt, nicht herabgesetzt, sondern eher vermehrt war, spricht schon dagegen. Der Einwand aber, dass zersetzte organische Bestandtheile, besonders Harnstoff im Körper zurückgehalten wurden, ist schon deshalb nicht annehmbar, weil die N-Ausscheidung am ersten Tage mit eiweissreicher Kost trotz reichlichen Trinkens durchaus nicht einmal der eingeführten N-Menge entsprechend vermehrt war. Auch scheint nach allen Untersuchungen Voits die Möglichkeit eines solchen Zurückbleibens N-haltiger Produkte im Körper ausgeschlossen.

Die Fette wurden täglich in einer Menge von ca. 170 gr genossen. Es fanden dabei allerdings ziemlich bedeutende Schwankungen an den einzelnen Tagen statt. Die Menge scheint ziemlich beträchtlich und übertrifft das gewohnte Tagesquantum gewiss bedeutend, doch findet man in der Nahrung einzelner Arbeiter oft noch höhere Werthe[2]).

1) Schultze u. Engster, citirt nach Maly, Jahresber. XII, 460.
2) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 524.

Von den Kohlehydraten wurden täglich meist 360—400 gr verzehrt und wenn man die im Bier enthaltenen nicht mit in Rechnung zieht, meist ca. 250 gr. Es sind dies geringere Quantitäten als die 500 gr, die von Voit[1]) für den Arbeiter als zulässig erachtet werden und bedeutend weniger als von einigen Beobachtern[2]) bei sich wesentlich von Vegetabilien nährenden Personen gefunden wurden.

Das Gewicht der täglichen Nahrung schwankte zwischen 1000 und 1400 gr, wenn man dabei von der rein flüssigen Kost: Milch, Bier, Wein absieht. Das Volumen wurde nicht bestimmt, doch schien es ungefähr dem der gewohnten Nahrung zu entsprechen oder übertraf es nur wenig.

Die durch den Genuss aller Nahrungsmittel im Organismus erzeugten Calorien betrugen, wenn man die von Rubner ermittelten Werthe

1 gr Eiweiss = 4100 Calor. (ohne Harnstoff)
1 „ Fett = 0300 „
1 „ Kohlehydr. = 4100 „

einträgt, bei der ersten Versuchsreihe ca. 3750, bei der zweiten 3916 Calorien. Der Verbrennungswerth des Alcohol ist 1 gr gleich 7000 Calorien gerechnet. Nimmt man als durch mangelnde Resorption verloren gegangen 10% an, so bleibt ein Durchschnittswerth von ca. 3500 Calorien. Es entspricht diese Zahl ungefähr den von Rubner für Arbeiter, die mittelschwere Arbeit zu leisten haben, gefundenen Ziffern. Der dabei von den Kohlehydraten und Fetten gelieferte Antheil betrug je ca. 40%, während in der gewöhnlichen Nahrung der Arbeiter die Kohlehydrate meist 60%, die Fette nur ca. 20% der Wärme liefern. Der vom Alcohol gelieferte Theil betrug hier fast 15, der des Eiweiss in der ersten Versuchsreihe 4,2%, in der zweiten 4,0%, während er bei gewöhnlicher Ernährungsweise wohl 15—20% ausmacht. Dabei sind aber die gesammten N-haltigen Stoffe gerechnet, die allein von Eiweiss gelieferten Wärmemengen werden daher noch geringer sein!

Wie lässt sich nun dieses Resultat, dass erst 15 Tage, dann

1) Voit, ebenda S. 524—525.

2) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 524.

3) Rubner, Zeitschr. für Biolog. XIX u. XXI, vergl besond. Maly, Jahresbericht XV 394 u. folg.

nach 8tägiger Pause 10 Tage N-Gleichgewicht mit so geringen Eiweissmengen in der Nahrung vorhanden war, mit der herrschenden Ansicht die auf so viel genau beobachteten Versuchen basirt, in Einklang bringen?

Dabei ist nun die erste Frage. Ist die bei längerem Hunger annähernd constant ausgeschiedene N-Menge, das sogenannte typische Hungerminimum ein Maass für die geringste Menge Eiweiss, welche der Organismus nöthig hat, um sich auf seinem Bestande zu erhalten? Von mehreren Forschern ist diese Frage in der That bejaht worden. Doch wären Einwände hiergegen zu erheben. Beim Hunger zerfällt in Folge der mangelnden Zufuhr an Ernährungsmaterial überhaupt allmählich ein grosser Theil des Körpereiweisses. Dass das gerade so viel ist, als die Organe bei der gewöhnlichen Ernährung ergänzen, ist möglich, jedoch nicht bewiesen. Jedenfalls weist die Thatsache, dass einzelne Organe, z. B. das Gehirn und Herz beim Hunger sehr wenig verlieren auf Thatsachen hin, welche dies compliciren. Nach Voit[1]) lässt sich dieser Vorgang in folgender Weise deuten:

Das Eiweiss der Organe schmilzt im Hunger als solches ab, gelangt in Lösung in den Säftestrom und dient dann zur Ernährung anderer Organe, z. B. des Gehirns, Rückenmarks, der Eierstöcke und Hoden beim Lachs u. s. w. oder es wird zersetzt.

Auch wird die Thatsache, dass bei N-loser Kost die N-Ausscheidung bedeutend geringer wird, als beim Hunger nur verständlich, wenn man erwägt, dass es allein der Mangel an Nahrung ist, warum der N-haltige Atomencomplex des Organismus zerfällt. Mit mehr Recht könnte man daher noch annehmen, dass der normale Eiweissbedarf durch die bei reichlicher N-loser Kost ausgeschiedene N-Menge bestimmt ist. Jedenfalls giebt die im Hunger ausgeschiedene N-Menge keinen Maassstab für die Eiweissmenge ab, welche der Organismus nöthig hat, um sich auf seinem Bestande zu erhalten.

Eine weitere wichtige Frage ist, welchen Zweck und welche Vortheile bietet eine reichliche Eiweissernährung. Zur Entscheidung dieser Frage ist vor allem wichtig, das Verhalten des Organismus dabei kennen zu lernen. Nach einer eiweissreichen Mahl-

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 303.

zeit ist, wie Voit[1]) hervorhebt „zu einer Stunde in der die Verdauung noch im vollen Gange ist, schon mindestens die Hälfte des im Magen aufgenommenen Eiweisses zerstört und der Stickstoff desselben aus dem Körper ausgestossen." Voit fand bei dem Menschen nach einer reichlich aus Fleisch und Eiern bestehenden Mahlzeit die N-Ausscheidung im Harn schon nach einer Stunde zunehmen, in 7 Stunden war das Maximum erreicht, um in den nächsten 10 Stunden allmählich abzunehmen. Aehnliche Versuche stellten Panum[2]) und Feder[3]) an Hunden an. Panum fand das Maximum der N-Ausscheidung schon nach 3—6 Stunden erreicht, in 7 Stunden war die Hälfte der N-Menge secernirt, welche nach Aufnahme der betreffenden Fleischportion in 24 Stunden ausgeschieden wird. Die Resultate unserer Versuche stimmten hiermit ziemlich genau. Wir fanden nach einer Mahlzeit die aus 300 gr Fleisch, 40 gr Fett und 150 gr Semmel bestand, also ca. 12,5 gr N enthielt, das Maximum der N-Ausscheidung in der 3.—5. Stunde. Wurde die Mahlzeit um 100 gr Fleisch (= ca. 3,4 gr N) vermehrt, so war in den ersten 4—5 Stunden die N-Ausfuhr die gleiche, aber in der 6. Stunde erfolgte kein Absinken, sondern in den beiden nächsten Stunden wurden noch annähernd dieselben Mengen ausgeschieden wie in der 3.—5. Stunde. Aehnliche Ergebnisse hatten die von Feder an Hunden gemachten Beobachtungen. Derselbe fand, wenn die Fleischmahlzeit statt aus 500 gr aus 1000 gr Fleisch bestand, bald in den ersten Stunden ein bedeutendes Ansteigen, wenn auch nicht in dem Verhältniss wie es der um das doppelte gesteigerten Nahrung entsprochen hätte. Ferner konnte er deutlich eine verlängerte Periode der Ausscheidung grösserer N-Mengen constatiren. Es verhält sich demnach die Elimination des überschüssigen Eiweisses wie die des Leims. Nur ist der Unterschied, dass bei reichlicher Eiweissnahrung immer eine der Ernährung entsprechende Menge von circulirendem Eiweiss im Körper angehäuft wird, während der Leim sofort zerstört und entfernt wird.

Dieser Vorgang macht durchaus den Eindruck, als wenn der Organismus bei der Eiweisszersetzung nur im Auge habe: sich

---

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 107 u. 108.
2) Panum, citirt nach Maly, Jahresbericht IV, S. 365.
3) Feder, Zeitschr. für Biologie XVII, S. 531.

der N-haltigen Atomcomplexe möglichst rasch zu entledigen. Voit betonte allerdings in Würdigung dieser Thatsachen, welche eine Hauptstütze für die sogenannte Luxustheorie bildeten, dass es eine Luxuszersetzung von Eiweiss doch nicht gebe. Reichlich N-haltige Nahrung bedinge einen hohen Eiweissstand des Körpers, der dann durch reichliche albuminathaltige Kost unterhalten werden müsse. „Nur, so führt er aus[1]), wenn die durch den Umsatz herbeigeführte Leistungsfähigkeit ein Luxus ist, dann ist auch der grössere Umsatz ein Luxus gewesen."

Dieser Satz, der bis jetzt für einen der wichtigsten Grundsätze der heutigen Ernährungslehre gilt, legt die Frage nahe, in welcher Beziehung steht die reichliche Eiweissnahrung zu der vermehrten Leistungsfähigkeit des Organismus. Inwieweit ist durch die bisherigen Versuche ein solches Verhältniss sichergestellt?

Sehr einfach scheint dabei der Hinweis, dass Jeder, der kräftige Arbeit leistet, schliesslich eine starke Muskulatur, d. i. eine Vermehrung des eiweissreichsten Organsystems bekommt. In dem Sinne ist es auch einleuchtend, dass derselbe auch mehr Eiweiss zur Unterhaltung seiner grossen Körpermasse nothwendig hat als der, welcher wenig körperlich arbeitet, also eine bedeutend geringere Muskelmasse besitzt. Dennoch lassen sich hiergegen Einwände erheben, besonders wenn dieser Satz, wie es häufig geschieht, geltend gemacht wird, um z. B. die Nothwendigkeit von 100—120 gr Eiweiss in der täglichen Nahrung einzelner Arbeiterklassen zu beweisen.

Der erste Einwurf ist, dass eigentlich noch nicht sicher bestimmt ist, wie viel Eiweiss für eine gewisse Körpermasse nothwendig ist. Es sind also beide Factoren in diesem Verhältniss unbekannt.

Um die eiweissreichere Nahrung muskelkräftiger Individuen in dieser Weise zu erklären, müsste man annehmen, dass immer ein Theil der Muskulatur abgenutzt und ersetzt wird. Je mehr Muskulatur am Körper ist, um so höher müsste dann daher dieser Factor ausfallen.

Vorzüglich aber Voit betonte hiergegen, dass eine so fortwährende Auswechselung des neu eingeführten Eiweisses mit dem Zelleneiweiss unwahrscheinlich sei.

---

1) Voit, Zeitschr. für Biologie III, S. 39.

Nur die Blutkörperchen und einzelne Epithelien gehen theilweise fortwährend in Verlust und werden in demselben Maasse neugebildet. Bei den meisten anderen Geweben, wo das Wachsthum sehr langsam vor sich geht, ist zu diesem Zweck sicher sehr wenig Eiweiss unter gewöhnlichen Verhältnissen nöthig. Ueber die Grösse dieses Bedarfs haben wir allerdings keine genaue Erfahrung, doch dürfte er, wie Voit[1]) mit Recht bei Besprechung der Ernährung mit Leim ausführt, sehr wahrscheinlich nicht bedeutend anzuschlagen sein. Dieser Factor wird allerdings bei verschieden grossen Individuen die verschiedene Arbeit leisten und demgemäss eine verschiedene Muskulatur haben, auch dementsprechend immer anders ausfallen. Doch wird der grösste Theil des Nahrungseiweiss durchaus nicht zu diesem Zwecke verwandt. Der Gang der Eiweisszersetzung ist vielmehr wesentlich der[2]).

Das aufgenommene Eiweiss geräth in den Säftestrom und vergrössert damit die Eiweisszersetzung. Zugleich wird dadurch die Menge des circulirenden Eiweisses im Körper vermehrt. Durch einen solchen reichlichen Strom von circulirendem Eiweiss wird aber nach den meisten Ansichten erstens die Leistungsfähigkeit des Organismus erhöht und zweitens verhütet, dass das Organeiweiss verloren geht. Letztere Anschauung geht dahin aus. Sobald die Menge des circulirenden Eiweisses unter eine gewisse Norm sinkt (dies tritt bei einem erwachsenen Mann bei einer Nahrung ein, die nach Voit[3]) weniger als 108 beziehungsweise 118 gr Eiweiss enthält), schmilzt das Organeiweiss ab, d. h. gelangt in die Säfte, wird zersetzt und ausgeschieden.

Wie lassen sich nun diese beiden Ansichten durch das Ergebniss sicherer Versuche oder durch theoretische Erwägungen vertheidigen oder beweisen?

Zuvörderst entspricht es durchaus unsern Anschauungen und liegen hierfür reichlich Beweise vor, dass Leute, welche sich hauptsächlich von den eiweissreichen Nahrungsmitteln, besonders Fleisch nähren, auch ausserordentlich leistungsfähig sind. Dass dies jedoch nicht immer so ist, wird wohl Jedermann schon beobachtet

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 400 u. 276.
2) Voit, ebenda S. 107 u. 108 u. 303 u. folg.
3) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 525 u. Zeitschr. f. Biologie XV, S. 459.

haben. Man sieht so häufig Fabrik- oder ländliche Arbeiter die bedeutendsten Anstrengungen ausführen und dabei nur oder wenigstens vorzüglich Kartoffeln und Schnaps geniessen. Wir sind allerdings in diesen Fällen geneigt, alle Störungen bei den letztgenannten Klassen als Folgen der ungenügenden Eiweissnahrung zu betrachten. Doch ist dabei zu bedenken, dass diese Leute in Folge ihrer Armuth die eiweissreichen Nahrungsmittel, welche, wie noch später erwähnt wird, bei weitem die theuersten sind, sich nicht beschaffen können. Ihre Nahrung ist daher auch meist schlecht zubereitet und leiden sie an so vielen hygienischen Missständen, dass wir darin allein eine Erklärung für einen etwaigen schlechten Körperstand finden können.

Wie wäre ferner ein Zusammenhang zwischen der Eiweisszersetzung der Zelle und ihrer Arbeitsleistung denkbar? Sicher nachgewiesen ist, dass die N-Ausscheidung des Organismus durch die Muskelthätigkeit nicht wesentlich beeinflusst wird. Wir könnten also nicht einmal annehmen, dass reichliche Mengen circulirenden Eiweisses dem Körper als eine Art Brennmaterial dienen. Nur die N-freien Stoffe werden bei der Muskelthätigkeit in erhöhtem Maasse in Zersetzung gezogen. Wenn nun diese Stoffe auch aus den Albuminaten entstehen können, so ist es doch wohl näherliegend dem Organismus die ersteren selbst zuzuführen.

Es wäre nun der zweite Punkt zu untersuchen. Ist das Organeiweiss in Gefahr, durch eine etwas zu eiweissarme Kost abgeschmolzen zu werden, d. h. in den Verlust zu gehen?

Hamilton E. Bowie, der in Voit's Laboratorium arbeitete, behauptet[1]:

„Der Arbeiter würde durch Entziehen von Eiweiss an einem Ruhetage oder Sonntag an Muskelmasse verlieren und dann am Montag nicht mehr die gewohnte Arbeit leisten."

Demnach müsste eigentlich ein kräftiger Arbeiter, der aus irgend welchem Grunde ein bis zwei Tage wenig Nahrung oder nur wenig Eiweiss essen könnte, am dritten Tage nicht eher im Stande sein zu arbeiten, als bis er seinen vollständigen Eiweissvorrath wieder ergänzt hat. Abgesehen von den Versuchen des Verfassers sprechen gegen ein solches rasches Einschmelzen des

---

1) Zeitschrift für Biologie XV, S. 461.

Organeiweiss, das mit raschem Verlust der Körperkräfte gleichbedeutend wäre, auch Untersuchungen anderer Autoren. So fand Parkes[1]), dass ein kräftiger Mann, dessen stickstoffhaltige Nahrung 5 Tage hindurch auf die Hälfte reducirt war, der dann noch 5 Tage gänzlich stickstofffreie Kost bekam, doch noch am 4. Tage nach dieser Entziehung im Stande war, sehr schwere Arbeit zu leisten und sich ganz wohl dabei befand. Selbstverständlich musste besonders bei letzterer Ernährung der Körperzustand allmählich ein schlechter werden, da, so lange der Organismus lebt, er immer etwas Eiweiss nöthig hat. Noch bestimmter ist ein Versuch Rubner's[2]). Derselbe gab einem kräftigen Soldaten 3 Tage lang je 3 kg Kartoffeln, 100 gr Butter, 20 gr Oel. Rubner bezweckte hierbei, die Resorption grösserer Massen vegetabilischer Nahrung zu untersuchen. Folgende Zahlen von ihm sind bemerkenswerth.

Die N-Ausscheidung der Versuche bei gewöhnlicher Ernährung ist nicht angegeben, sie hat sich wahrscheinlich innerhalb der bekannten Grenzwerthe dieser Klassen, ca. 15—18 gr N, bewegt. Er schied in der Versuchsreihe bei einem durchschnittlichen N-Gehalt der Nahrung von 11,45 gr im Urin aus:

den	I.	Tag	12,8 gr N
"	II.	"	7,6 " "
"	III.	"	6,0 " "

ausserdem in den Fäces in den 3 Tagen zusammen 11,06 gr. Die Ausscheidungen betrugen also 37,5 gr N gegenüber 34,4 gr, die aufgenommen wurden. Es ist also allerdings, wie Rubner hervorhebt, Eiweiss vom Körper in Verlust gegangen, doch tritt unverkennbar das Bestreben des Organismus hervor, sich ins N-Gleichgewicht zu setzen, das am 3. Tage schon erreicht scheint. Nur die circulirende Eiweissmenge ist vermindert worden. Wenn dabei das Befinden der Versuchsperson kein gutes war, so dürfte dies mancher eher auf die ungeheuere Masse der Ingesta, ca. 3 kg, als auf deren geringen N-Gehalt beziehen.

Reichliche Eiweissnahrung allein erhält eine Muskulatur sicher nicht. Vielmehr lehren schon Erfahrungen aus dem täglichen Leben, dass andauernde Ruhe sowohl an einzelnen Gliedern wie an der gesammten Körpermuskulatur unfehlbar auch bei der reich-

1) Parkes, cit. nach Maly, Jahresbericht I, S. 290.

2) Rubner, Zeitschr. für Biologie XV.

lichsten Ernährung mit Eiweiss zur Inactivitätsatrophie d. i. zum Schwund der Muskulatur führt. Einige Tage eiweissarmer Kost, auch wenn die Menge an Eiweiss sehr gering ist, sind sicher ohne Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Organismus. Ein Zusammenhang zwischen letzterer und der reichlichen Eiweisszersetzung ist noch nicht sicher nachgewiesen.

Bei diesen Verhältnissen könnte man den Nutzen der Eiweissnahrung vielleicht darin sehen, dass der Körper dadurch reicher an Eiweiss würde. Dabei konnte man annehmen, dass erst die Menge des circulirenden Eiweisses erhöht würde und dann dieses in Organeiweiss übergehe[1]). Zur Klarlegung dieses Vorgangs dienen hauptsächlich die Versuche Voits. Bei der Ernährung mit möglichst fettfreiem Fleisch gelang es Voit, bei seinem ca. 30 kg schweren Hunde erst mit ca. 1500 gr Fleisch ein Gleichgewicht zwischen Aufnahme und Abgabe von N, d. h. ein Verhüten von Eiweissverlust am Körper zu erzielen. Gab er mehr Eiweiss, so trat vorübergehend eine Minderausscheidung von Harnstoff ein, in den meisten Fällen trat aber bald wieder Gleichgewicht ein, d. h. es wurden alle eingeführten Albuminate zersetzt und ausgeschieden. Voit erklärt dies, wie schon mehrfach erwähnt, damit, dass nur der Bestand des Körpers an circulirendem Eiweiss vermehrt wurde. Einen Uebergang von diesem in das wirkliche Organeiweiss, d. h. eine schliessliche Zunahme der Organe, konnte er nur dann durchsetzen, wenn er reichlich Fette und Kohlehydrate beifügte. Um diesen Zweck zu erreichen hatte er, wie er hervorhob, nur relativ geringe Mengen Eiweiss nothwendig, wenn er nur grosse Mengen Fett gab.

Dabei wurde jedoch nicht nur weniger N ausgeschieden, als aufgenommen wurde, sondern auch verhältnissmässig viel Kohlenstoff wurde zurückbehalten[2]). Dies liess sich nur in der Weise deuten, dass man annahm. der Organismus setzte Fett an. Der Organismus wurde also nur dann erheblich eiweissreicher, wenn er auch zugleich fettreicher wurde. Einen solchen Körperzustand zu erhalten ist allerdings zu gewissen Perioden, z. B. bei der Ernährung von Reconvalescenten erstrebenswerth, bis zu einem gewissen Grade auch physiologisch zu wünschen, doch wird wohl

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 313.

2) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 130 u. folg.

feststehen, dass man ein solches Ziel nicht immer bei der Ernährung vor Augen haben darf.

Auffallend neben meinen Versuchen, nach denen auf einige Zeit ein N-Gleichgewicht mit verhältnissmässig sehr geringen Mengen Eiweiss möglich ist und es wahrscheinlich erscheint, dass sich dies noch weiter ausdehnen lasse, bleibt die Beobachtung, dass so häufig in der Nahrung der verschiedensten Bevölkerungsklassen grössere Mengen Eiweiss gefunden wurden. Es wäre in der That merkwürdig, dass immer ein solcher Luxus begangen wäre. Denn die Albuminate werden nicht vollständig im Körper ausgenützt, sondern der Harnstoff, der von ihnen abgespalten wird, geht dem Organismus verloren. Sie stehen daher, was den Wärmewerth angeht, mit den Kohlehydraten auf gleicher Stufe und tief unter den Fetten. Dabei sind sie bei Weitem die theuersten von allen Nahrungsstoffen, besonders das thierische Eiweiss. So liefern z. B. 500 gr knochenfreien mageren Rindfleisches, die ca. 70 Pfennig kosten, mit ca. 106 gr Eiweiss nur ca. 435 Calorien. Für dieselbe Summe erhält man aber ca. 300 gr Butter, die mit 276 gr Fett ca. 2566 Calorien liefern, deren physiologischer Nutzeffect, was die Wärmeentwicklung angeht, also ca. 6 mal so gross ist. Bei den noch billigeren thierischen Fetten, die, wie besonders das Schweinefett, von den ärmeren Klassen mit Vorliebe genossen werden, tritt dieses Missverhältniss noch mehr hervor.

Es könnte demnach nahe liegen anzunehmen, dass auf die Dauer der Organismus mehr Eiweiss nöthig hat. Diese Voraussetzung lässt sich allerdings nach den bisherigen Untersuchungen mit Sicherheit nicht beantworten. Doch ist zu beachten, dass man den gewöhnlichen bedeutenden Eiweissbedarf auch erklären kann, ohne dass man dies auf ein absolutes Bedürfniss des Körpers an Eiweiss beziehen muss.

Der erste Punkt ist, dass die eiweissreichen Nahrungsmittel nicht nur mit zu den gebräuchlichsten zählen, sondern wohl auch die besten Nahrungsmittel sind. So nimmt das fast nur eiweisshaltige Fleisch den ersten Platz nicht allein unter den Nahrungsmitteln, sondern auch unter den Genussmitteln ein. Eine wie grosse Wichtigkeit allein letzterem Umstande zuzuschreiben ist lehrt die Erfahrung, dass der Fleischbrühe einst ein sehr hoher Nährwerth zugeschrieben wurde, während man sie jetzt nur als ein angenehmes Genussmittel betrachtet. Die Fleischnahrung hat

aber neben den angenehmen Geschmack noch verschiedene Vorzüge als Nahrungsmittel. Die grosse Schnelligkeit, mit der es im Munde zerkleinert wird, im Magen von den Verdauungssäften angegriffen und resorbirt wird. Sein Hauptwerth liegt aber wohl darin, dass in dem Zustande in dem es gewöhnlich genossen wird, gebraten oder gesotten, bei relativ geringem Gewicht auch ein sehr geringes Volumen einnimmt. Wie Voit[1]) berechnete, wiegen 100 gr gesotten 56,7 gr. Der Wassergehalt des Fleisches, der früher 75,9 % betrug, ist jetzt auf 44,3 % gesunken. 300 gr Fleisch mit 40 gr Fett gebraten lieferten mir eine ca. 200 gr schwere Speise, annähernd also so schwer als drei 3 Pfennig Semmeln von je 70 gr Gewicht, aber von bedeutend geringerem Volumen (ca. den dritten Theil) als diese, obgleich das Brod noch vor den andern an Kohlehydraten reichen Nahrungsmitteln, z. B. den Kartoffeln, den Vorzug des relativ geringsten Gewichtes und Volumens hat. Dabei enthielt der Braten ca. 64 gr Eiweiss und ca. 40 gr Fett. Es werden demnach mit dem Fleisch beträchtliche Mengen Fett, besonders wenn das Schlachtthier selbst fettreich ist und als Beigabe ferner noch Brod und an Kohlehydraten reiche Gemüse genossen. Der Vorzug des Fleisches würde also darin beruhen, dass in ihm nicht so grosse Mengen Kohlehydrate wie in dem Brod und den andern Vegetabilien enthalten sind. Da wir diese Nahrungsmittel überdies schon in ziemlicher Menge meist zu uns nehmen, bildet ein von ihnen durch den gänzlichen Mangel an Kohlehydraten so verschiedenes Nahrungsmittel eine angenehme Ergänzung und Abwechselung.

Wir greifen daher bei einer hohen Aussentemperatur, wenn wir durch Vermeidung von unnöthigen Muskelbewegungen unsere Wärmeproduktion so viel als möglich verringern und in Folge dessen weniger Nahrung nöthig haben, nicht zu den an Kohlehydraten reichen Nahrungsmitteln wie den Reis, Kartoffeln, obgleich sich dieselben gerade als Nahrungsmittel für heisse Klimate eignen sollen[2]). Vielmehr geschieht es dann wohl meist, dass wir die Kohlehydrate und besonders die Fette vermeiden und lieber Fleisch geniessen. Gerade dies könnte dafür sprechen, dass wir grössere Mengen Eiweiss absolut nothwendig haben, aber hier-

---

1) Voit, Handbuch des Stoffwechsels S. 444.

2) Munk v. Uffelmann, Handbuch der Diätetik S. 375.

gegen lässt sich der Einwand machen, dass in heissen Ländern, wo meist weniger Nahrung verzehrt wird, nicht demgemäss in der täglichen Kost das Eiweiss im Verhältniss zu den andern Nährstoffen vermehrt ist. In den meisten Fällen werden im Gegentheil eiweissarme und viel zuckerhaltige Nahrungsmittel, so vor allem der Reis genossen, während Eiweiss und Fett in einem viel geringeren Verhältniss als beim Bewohner kalter Regionen vorherrschend sind. Sie müssen dabei doch bedeutende Mengen Nahrung zu sich nehmen. Erstens um, aus den Kohlehydraten und der geringen Eiweissmenge die nöthige Wärme zu entwickeln. So sind z. B. 600 gr Reis nöthig, um die gewöhnlichen Resorptionsverhältnisse gerechnet, die 2000 Wärmecalerien zu liefern, welche für den Menschen mindestens erforderlich sind. Zweitens müssten sie aber kolossale Mengen Reis geniessen, wenn sie dem Körper ca. 100 gr Eiweiss zukommen lassen wollten. Dazu würden sie täglich ca. 1600 gr Reis brauchen, was bei der Zubereitung mit möglichst wenig Wasser doch noch eine Speise von ca. 5 kg Gewicht und dementsprechenden Volumen ausmachen würde. Hierbei müssten sie aber einen grossen Wärmeüberschuss entwickeln, da sie bei dieser Nahrung ca. 5000 Wärmecalorien produciren würden.

Weiterhin scheint die Thatsache sehr wichtig, dass man so häufig bei Personen um so mehr N im Urin findet, je mehr Arbeit sie leisten. Dass hierfür die Erklärung nicht genügt, dass der muskelreiche Körper stark Arbeitender mehr Eiweiss braucht wie der muskelschwache, ist schon oben erwähnt worden. Auch kann man in der That dieses Verhältniss auf andere Weise deuten.

Die Arbeiter leben meist von vegetabilischen d. i. an Kohlehydraten reichen Nahrungsmitteln als den billigsten. In fast allen Vegetabilien, so besonders dem Brod und den Kartoffeln sind aber gewisse Mengen Eiweiss. Nimmt man nun an, dass ein Arbeiter sehr kräftig arbeitet, so wird seine Wärmeproduktion gesteigert, sein Nahrungsbedürfniss erhöht. Dies könnte er erstens dadurch befriedigen, dass er mehr von seiner gewohnten Nahrung isst.

Schon dieser Umstand würde, da er hierbei mehr Eiweiss geniesst, seinen Eiweissumsatz steigern. Besonders wird dies der Fall sein, wenn er sich von den nicht zu voluminösen Nahrungsmitteln, dem Brod, Hirse, Erbsen, Bohnen u. s. w. nährt und dabei noch viel Fett geniesst. Anders wird

dies jedoch, wenn z. B. die Kartoffel sein Hauptnahrungsmittel ist. Hiervon nimmt er schon überdies bedeutende Mengen zu sich; um das vermehrte Nahrungsbedürfniss damit zu decken, müsste er dieses Quantum aber kolossal vermehren. Er muss deshalb an andere Stoffe denken. Entweder greift er daher zu seinem Unglück häufig zum Alcohol und zwar zu dem billigsten Getränk, dem stark alcoholischen fuselhaltigen Branntwein, der ihm die nöthige Wärme liefert, oder zu den Fetten und Eiweisskörpern. Dass letztere besonders ihm ein nahrhaftes und wenig voluminöses Nahrungsmittel liefern, ist schon oben betont worden. Wie sehr dabei die Arbeiter einen Hauptwerth auf die stark Wärme bildenden Stoffe besonders das Fett legen, erkennt man schon daraus, dass sie das fettreiche Schweinefleisch und die fetthaltigen Würste oder den Speck vor dem magern Rindfleisch bevorzugen. Es sind also zwei Factoren für den reichlichen Eiweissgehalt der Nahrung stark arbeitender Personen wesentlich maassgebend. Zuerst das vermehrte Nahrungsbedürfniss, wobei, wie alle Nährstoffe, auch das Eiweiss vermehrt sein wird.

Zweitens die Unmöglichkeit, die bei der Arbeit sich entwickelnde Wärme allein von den meist zu voluminösen Kohlenhydraten zu bestreiten.

Zum Schluss möchte Verfasser folgende Sätze als das Ergebniss seiner Arbeit zusammenfassen:

1. Es ist möglich, dass ein kräftiger Mann erst 15 Tage, dann 10 Tage sich mit einer Kost im N-Gleichgewicht hält, deren Gehalt an N-haltigen Stoffen 5—8 gr war. Da jedoch nicht die gesammte N-Menge als Eiweiss in den Nahrungsmitteln vorhanden war, so darf man annehmen, dass dem Organismus meist nur 30—35 gr Eiweiss den Tag geboten wurden. Nimmt man noch die Tage aus, an denen sehr wenig N — 5 gr oder noch geringere Mengen in 24 Stunden — eingeführt wurden, so kann man doch mit Sicherheit den Schluss ziehn, dass mit ca. 40—45 gr N-haltigen Stoffen oder 35—40 gr Eiweiss ein Gleichgewicht erreicht worden ist.

Ob dies noch länger gelingt, lässt sich bis jetzt noch nicht entscheiden, eben so wenig wie hoch der Bedarf des Organismus an Eiweiss eigentlich ist.

2. Es lassen sich nach unseren bisherigen Kenntnissen weder durch Versuche noch durch theoretische Erwägungen Beweise dafür beibringen, dass die körperliche Leistungsfähigkeit wesentlich

davon abhängt, dass ziemlich bedeutende Mengen Eiweiss (durchschnittlich täglich 100—120 gr vom erwachsenen Mann) genossen werden. Auch ist keine Gefahr, dass bei etwas geringerer Eiweissnahrung das Organeiweiss abschmilzt und ausgeschieden wird. Eine wesentliche Vermehrung des Organeiweisses findet, wenn man von der durch vergrösserte Thätigkeit bedingten compensatorischen Hypertrophie absieht, nur durch Mästung statt, d. h. unter Zunahme des Fettreichthums des Organismus.

3. Die eiweissreichen Nahrungsmittel, besonders das Fleisch sind vorzügliche Genuss- und Nahrungsmittel, hauptsächlich weil sie ein ausserordentlich geringes Gewicht und Volumen haben und dann im Körper leicht zersetzlich sind. Schon aus diesem Grunde müssen sie bei kräftig Arbeitenden neben der reichlich Kohlehydrate haltenden Nahrung immer in einer gewissen Menge genossen werden. Doch ist es wohl möglich, dass sie dabei theilweise bei guter Verdauung durch Fette und auch durch nicht zu voluminöse Kohlehydrat-reiche Nahrungsmittel, die immer etwas Eiweiss enthalten, ersetzt werden, wenn dabei auch nicht die Menge der Eiweisskörper so stark wie in meinen Versuchen herabgesetzt wird. Bei der Wichtigkeit der Frage ist es aber natürlich nothwendig, dass hierüber noch ausgedehnte Untersuchungen angestellt werden. Dass zu diesem Ersatze die von mir benutzten Speisen sich besonders eignen, soll durchaus nicht behauptet werden, vielmehr waren bei ihrer Wahl und ihrer Zubereitung so viel andere Rücksichten wie erwähnt maassgebend, dass viele andere Punkte, auf die man sonst bei der Wahl einer Kost Werth legt, so auf guten Geschmack — hier vernachlässigt werden mussten. Die Störungen, welche bei Individuen eintreten sollen, die wenig Eiweiss geniessen, meistens aus dem Grunde, dass sie die theueren eiweissreichen Nahrungsmittel nicht bezahlen können, lassen sich vielleicht eher auf schlecht gewählte und schlecht zubereitete Nahrung sowie andere hygienische Missstände zurückführen, als auf den Mangel an Eiweiss.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Universität Jena).

Ueber die Wahrnehmung eigener passiver Bewegungen durch den Muskelsinn.

Von

Karl Schaefer,
Assistent des physiologischen Institutes zu Jena.

Die Entdeckung Flourens', dass Thiere, deren Bogengänge in bestimmter Weise verletzt sind, auffallende, typische Coordinationsstörungen zeigen, hat wie kaum je eine andere, Anstoss zu einer mächtigen, noch immer im Wachsen begriffenen Litteratur gegeben.

Bestimmt durch die Flourens'schen und eigene Versuche mit demselben Resultat, haben mehrere vortreffliche Forscher die Ueberzeugung gewonnen, dass die Bogengänge in engster Beziehung ständen zur Erkennung der Richtung und Grösse einer jeden Ortsbewegung, und haben, freilich auf verschiedener theoretischer Basis, den gleichen Gedanken entwickelt, dass die Lymphe der halbcirkelförmigen Canäle bei jeder Aenderung der Lage im Raum gegen eine bestimmte Stelle des häutigen Labyrinthes ströme oder wenigstens drücke; dass dadurch Mensch wie Thier einen Rückschluss auf die Art der Bewegung mache — jedem Druck von bestimmter Stärke auf eine bestimmte Stelle entspricht ja dann eine und auch nur diese eine Bewegung von bestimmter Richtung und Geschwindigkeit — kurz dass die Bogengänge ein Organ für Bewegungsempfindungen seien, eventuell auch für die Empfindung der Lage, insofern das Gewicht der Labyrinthflüssigkeit immer andere Punkte afficire, je nachdem man aufrecht auf den Füssen steht, auf dem Rücken liegt oder auf einer Seite.

Indessen, so plausibel und verlockend diese Anschauung auch auf den ersten Blick scheint, hat sie doch namentlich in der neuesten Zeit vielseitige Widersprüche erfahren. Man hat einmal mit Recht auf die Schwierigkeiten, welche die Lehrsätze der Mechanik den Bewegungen der Endolymphe entgegenthürmt, hingewiesen.

Ferner ist man bei Verletzungen der Bogengänge nie sicher, ob nicht das Kleinhirn, dessen Verletzungen bekanntlich ganz analoge Erscheinungen liefern, in Mitleidenschaft gezogen wurde. Denn selbst wenn auch eine noch so genaue mikroskopische Prüfung keine pathologische Veränderung nachgewiesen hat, ist eine solche darum noch durchaus nicht absolut ausgeschlossen; nicht sowohl, weil sie auch dem Geübtesten mit Leichtigkeit könnte entgangen sein, als auch, weil Nervenbahnen, deren Function ganz bedeutend gestört ist, nicht selten sich gar nicht anatomisch von gesunden unterscheiden lassen. In vielen Fällen sind übrigens Kleinhirnläsionen neben Zerstörung der Bogengänge direct nachgewiesen. Weiterhin wird von vielen Verletzungen der Bogengänge berichtet, die keine Coordinationsstörungen in Form der sogenannten Zwangsbewegungen im Gefolge hatten; desgleichen von Acusticusdurchschneidungen, die doch auch Zwangsbewegungen hervorrufen müssten, wenn anders die Bogengänge wirklich in der gedachten Weise functionirten. Auch liegen Sectionsbefunde von Taubstummen vor, deren halbcirkelförmige Canäle völlig zurückgebildet waren, an welchen aber trotzdem niemals eine Coordinationsstörung im Leben wahrgenommen wurde. Schliesslich giebt es noch Thiere mit gallertartigem Inhalt der Bogengänge, bei denen also von einer Bewegung der Labyrinthflüssigkeit gar keine Rede sein kann. Kurz, der Einfluss der Bogengänge auf Bewegungs- und Lagevorstellungen ist mindestens fraglich, und es bedarf also neuer, gründlicher Untersuchungen über dieses wichtige vielumstrittene Gebiet der Physiologie.

Im Laufe von Untersuchungen über die Raumwahrnehmung mittelst der Ohren (siehe Pflügers Archiv XXXX S. 587) trat ich in nähere Beziehung zu diesem interessanten Capitel. Indem ich mir die Frage vorlegte: „Wo und wie entstehen die Bewegungsempfindungen?" und zu ihrer Beantwortung alle Organe, die irgend zu der Perception von Bewegungsrichtung und -grösse beitragen könnten, durchprüfte, kam mir die Ueberzeugung, dass diese Perception durch den Muskelsinn vermittelt werde.

Dies zu begründen und zu erläutern ist die Aufgabe vorliegender Arbeit.

Den Muskelsinn zur Erklärung herbeizuziehen, hat schon von vornherein etwas Bestechendes, weil es sich eben um die Wahrnehmung von Bewegung handelt, also eines Zustandes, der in der

überwiegenden Mehrzahl der Fälle ausschliesslich von den Muskeln hervorgerufen wird. Doch will ich dies nicht etwa als einen Beweis für die Richtigkeit meiner Auffassung angeführt haben. Es wäre das eine ebenso lockere Stütze dafür, wie die Anordnung der Bogengänge in drei aufeinander senkrechten Ebenen für die Ansicht, sie hätten etwas mit der Statuirung eines dreidimensionalen Raumes ausserhalb unseres Körpers zu thun, oder wenigstens mit der Erkenntniss, in welcher der drei Ebenen der Körper ruht oder sich bewegt. Vielmehr will ich im Nachstehenden versuchen, durch exacte Gründe und Schlüsse zu zeigen, wie sich alle subjectiven und objectiven Folge- und Begleiterscheinungen passiver Bewegungen aus einer sogleich ausführlich zu erörternden, zum Theil längst bekannten, Muskelfunktion erklären lassen.

Ich sage absichtlich passiver Bewegungen.

Zur Wahrnehmung der activen haben wir ein anderes, von den Muskeln ganz unabhängiges Mittel, nämlich die Vorstellung von der zu machenden Bewegung, die nicht nur dieser selbst, sondern auch noch dem sie erzeugenden Willensimpulse vorangehen muss und so uns schon vorher ein getreues, haarscharfes Bild der betreffenden Bewegung zum Bewusstsein bringt, wenn diese rein willkürlich ist. Natürlich muss aber diese Entstehungsart von Bewegungsempfindungen ausgeschaltet werden, wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob und in welchem Grade ein besonderes Organ der Motionsperception vorsteht. Zu solcher Elimination wählt man am bequemsten eben passive Bewegungen.

Uebrigens erstattet, wie sich aus dem Folgenden mit Nothwendigkeit ergeben wird, der Muskelsinn auch über eine activ vollführte Bewegung ebensogut Bericht, wie über eine passive. Das erscheint auch keineswegs etwa als überflüssig, wenn man bedenkt, dass eine nachträgliche Bestätigung dafür, dass dieselbe auch wirklich zu Stande gekommen ist und nicht etwa an irgend welchen äusseren Hindernissen scheiterte, unter Umständen von höchster Bedeutung werden kann.

Die Eindrücke nun, welche passiv bewegte Menschen empfangen und ihr Verhalten in und nach diesem Zustande sind zum nicht geringsten Theile jedem aus dem täglichen Leben bekannt. Purkyné, Mach und neuerdings der Franzose Yves Delage haben sie eingehend einer exacten Prüfung unterzogen und eine Reihe neuer wichtiger Thatsachen hinzugefügt. Ich habe zwar

keine Gelegenheit gehabt, alle ihre Versuche, die sie am Menschen selbst angestellt, nachzuprüfen, allein bei dem guten Klange, den die angeführten Namen in der Wissenschaft haben, bei ihrer völligen Uebereinstimmung in der Hauptsache untereinander und mit den alltäglichen Erfahrungen nehme ich keinen Anstand, die Resultate dieser Forscher als Facta aufzuführen.

Folgende Zusammenstellung enthält die wichtigsten aller bisher wenigstens mir bekannten Thatsachen auf diesem Gebiete in gedrängter Kürze — einiges Nebensächliche wird im Laufe der folgenden Untersuchungen Platz finden.

A. Erscheinungen am Menschen.

1. Bei einer passiven progressiven, d. h. gradlinigen Bewegung ist man auch unter Ausschluss aller etwaigen Hülfsmittel, wie Augen, Tastempfindung, Luftströmungen u. s. w. im Stande, ganz genau den Moment des Beginns, die Richtung und ungefähre Geschwindigkeit einer Bewegung anzugeben. Erst bei einer von Delage festgestellten — die Zahl ist für uns hier gleichgültig — äusserst geringen Geschwindigkeit hört diese Fähigkeit auf.

2. Von Rotationsbewegungen gilt ganz das Nämliche.

3. Man hält bei Rotationsbewegungen die Richtung der resultirenden Massenbeschleunigung für die Verticale.

4. Die meisten activen Bewegungen sind während der Rotation sehr erschwert, einige unmöglich.

5. Man empfindet bei allen passiven Bewegungen nur die positive oder negative Beschleunigung, nicht die Geschwindigkeit.

6. Positive und negative Beschleunigung wird bei progressiven Bewegungen weniger gut empfunden, als bei Kreisbewegungen.

7. Nach Mach hört auch eine constant gegen den Beobachter dieselbe Richtung einhaltende Beschleunigung schliesslich auf, empfunden zu werden; Delage bestreitet diese Thatsache.

8. Man hat bei Verminderung der Geschwindigkeit einer Rotationsbewegung und in noch höherem Grade bei plötzlicher Arretirung das Gefühl in entgegengesetztem Sinne gedreht zu werden.

9. Bei diesem Gefühl von Gegendrehung hat man die Empfindung, dieselbe geschähe unter einem gewissen Widerstande.

10. Beim Aufhören einer Progressivbewegung fehlt ein analoges Gefühl von Rückwärtsbewegung.

11. Sowohl bei wirklicher wie bei scheinbarer Rotationsbewegung glaubt man, nach Kopfdrehungen um eine der Rotationsaxe nicht parallele Axe, um eine andere Axe weitergedreht zu werden; diese steht senkrecht auf der Ebene, welche man durch die frühere Rotationsaxe und die Axe, um welche der Kopf gedreht wurde, legen kann.

12. Alle scheinbaren Bewegungen lassen sich durch wirkliche von entgegengesetztem Sinne compensiren.

B. Erscheinungen an Thieren.

Wir können zwar von den Thieren keinen Aufschluss erhalten, ob sie Bewegungsvorstellungen haben, und welcher Art dieselben sind, allein schon seit langer Zeit ist es bekannt, dass Tauben und Kaninchen, Frösche (Steiner) und Hunde (Baginski) während und nach passiven Drehungen auf der Centrifuge so ganz charakteristische, durchweg constante, active Bewegungen machen, dass sich jedem die Ueberzeugung aufdrängen muss, dieselben ständen mit der Rotation in engstem Causalzusammenhang. Demnach erschienen mir diese Versuche sehr geeignet, interessante Streiflichter auf die Entstehung der Bewegungsempfindungen zu werfen, und ich bemühte mich der Vollständigkeit halber, sie auf möglichst zahlreiche und verschiedene Vertreter zunächst der Wirbelthiergruppe, dann aber auch einiger Classen der Wirbellosen auszudehnen. Es wurden benutzt: Frösche, Fische, Kaninchen, Meerschweine, Salamander, Schlangen, Mäuse, Canarienvögel, junge Hühnchen. Alle diese Thiere zeigen die in Rede stehenden Erscheinungen, die man auch wohl mit dem etwas vagen Namen „Drehschwindel“ oder besser „Zwangsbewegungen“ benennt, so schön und gleichmässig, dass ich glaube, die Zwangsbewegungen nach passiven Rotationen für eine gesetzmässig auf alle Wirbelthiere sich erstreckende Erscheinung halten zu müssen.

Der Typus dieser Zwangsbewegungen ist folgender.

Sobald die Drehung beginnt, verdreht das Thier den Kopf in dem der Rotation entgegengesetzten Sinne. Ist also *C* in Fig. 1 das Centrum der Centrifuge, das Thier *AB* im Radius befindlich, und geht die Drehung in der Richtung des Pfeiles *d* vor sich, so wendet es den Kopf in der Richtung des Pfeiles *K*, er sei nun in *A* oder *B* gelegen gewesen. Befindet das Thier sich in der Peripherie und rotirt mit dem Kopfe voran (*A* in Fig. 2),

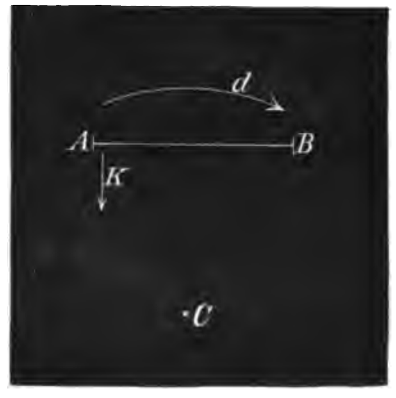
so wendet es denselben vom Centrum *C* weg, also wie der Pfeil *K* angiebt. Rotirt das Thier mit dem Hintertheile voran, so wird der Kopf dem Centrum zugewandt (Fig. 3). Ob dabei die Ro-



Figur 1.



Figur 2.



Figur 3.

tation im Sinne des Uhrzeigers geht oder umgekehrt, ändert an diesem Gesetz nichts.

Diese Kopfverdrehung ist absolut constant und bleibt während der ganzen Rotation bestehen. Nicht ganz so regelmässig geschieht es, dass das Thier zugleich mit der Rotation anfängt, im entgegengesetzten Sinne der Drehung am Rande der Scheibe entlang immer im Kreise herumzulaufen. Bei allzuheftiger Drehung kommt diese Gegenbewegung natürlich deswegen überhaupt nicht zu Stande, weil dann die Centrifugalkraft das Thier so stark gegen den Rand der Scheibe drückt, dass seine Muskelkräfte nicht ausreichen, den Körper wieder abzulösen und frei zu bewegen.

Ferner neigen sich die Thiere, wenn sie nicht wiederum von der zu starken Schwungkraft fest am Rande angepresst gehalten werden, sie mögen nun der Drehung entgegenlaufen oder nicht, mit dem Oberkörper schräg nach innen, der Rotationsaxe zu.

Um dies deutlich werden zu lassen, dürfen die Versuchsthiere natürlich nicht zu geringe Höhendimension besitzen. Während man es bei Pferden im Circus und in der Manège sowie bei im Kreise laufenden Menschen sehr gut sieht, zeigen niedere Thiere wie Frösche, Salamander etc. davon selbstverständlich gar nichts. Je rascher die Rotation, desto schiefer wird die Körperhaltung.

In dem Momente, wo die Rotation aufhört, beginnen die Thiere dieselbe meist stürmisch activ fortzusetzen und ein getreues Abbild der passiven zu producieren. Hatten sie sich im Radius der Scheibe befunden, und war der Kopf dem Centrum zugewandt oder im Centrum selbst gewesen, so erfolgt die sogenannte Uhrzeigerbewegung, d. h. das Thier steht mit den Vorderbeinen fest auf dem Boden und die Hinterfüsse führen den Körper im Kreise um diese als Axe herum. Waren die Hinterfüsse im Centrum gewesen, so bleiben diese in Ruhe und die Vorderextremitäten besorgen die Rotation. Hatte man das Versuchsobject in die Peripherie gestellt, so läuft es nachher fortwährend im Kreise um eine imaginäre Axe — dies die sogenannte Manègebewegung. Auch ist es gleich, um welche Axe des Thieres die Drehung stattfand. sie wird immer um diese weiter fortgesetzt; war z. B. das Thier um seine Längsaxe oder um eine dieser parallele gedreht, so wälzt es sich nachher fortwährend um seine Längsaxe: Rollbewegung.

Besonders interessant ist auch hier das Verhalten des Kopfes. Sowie die Rotation aufhört, oder auch bloss ihre Geschwindigkeit sich vermindert, fliegt er maschinenmässig in derselben Ebene herum auf die andere Seite, so dass er sich z. B. dem Centrum zuwendet nach einer Drehung, wie in obiger Fig. 2. Die Kopfwendung zeigt die grösstmögliche Excursionsweite sowohl im Anfang wie am Ende der Drehung. Sowie nun der Kopf auf der anderen Seite angekommen, geht er wieder zurück und pendelt so fortwährend von der einen Seite zur anderen. Dies dauert verschieden lange, bei Salamandern und Schlangen sah ich nur eine einmalige Pendelbewegung. Sonst überdauern die Kopfbewegungen meist noch die Zwangsbewegungen, und wenn auch der Kopf

wieder in Ruhe ist, sieht man noch eine Weile Nystagmus der Augen und zwar im entgegengesetzten Sinne der Rotation.

Meine Versuche an Wirbellosen sind noch nicht zum Abschluss gelangt. Ich kann darüber einstweilen nur so viel sagen, dass ich ausgesprochene Zwangsbewegungen nirgends gesehen habe. Die meisten Versuchsobjecte, Krebse, Regenwürmer, Raupen, diverse Käfer und Fliegen, zeigten sich völlig indifferent, sowohl während des Versuches als auch nach demselben. Von 100 Gartenschnecken, die ich im Sinne des Uhrzeigers drehte — beiläufig erwähnt, mit einer Geschwindigkeit von einer halben deutschen Meile in der Minute — wendeten nur 84 den Kopf der Drehrichtung entgegen, bei der Rotation wider den Uhrzeiger nur 74. Keine einzige aber setzte die Drehung nach dem Aufhören des Versuches fort.

Zurück also zu den Vertebraten.

Die Verdrehung des Kopfes, das Gegenlaufen gegen die Drehung und die Zwangsrotationen erklärt nun Mach in seiner Arbeit „Grundriss der Lehre von den Bewegungsempfindungen, Leipzig 1875" auf Grund seiner Untersuchungen am Menschen dahin, dass das Thier, durch die Vermittelung der Bogengänge von der Bewegung benachrichtigt, dieser zu entgehen strebe, und dass also die Kopfwendung und das Laufen gegen die Rotation als Fluchtversuch aufzufassen seien. Im Momente des Aufhörens der Drehung, meint er weiter, habe das Thier, gleichwie der Mensch, das Gefühl, im entgegengesetzten Sinne gedreht zu werden und bemühe sich, durch eine antagonistische Bewegung diese zu compensiren. Dieselbe Auffassung findet sich auch in Hermann's kleinem Lehrbuch der Physiologie, achte Auflage, Seite 421 ausgesprochen.

Meiner Ansicht nach kann sich aber ein objectiv Urtheilender nicht mit einer solchen Erklärung zufrieden geben; denn die Basis derselben, die Idee, dass das Thier die passive Bewegung als etwas Unangenehmes empfinde, dem es um jeden Preis entfliehen müsse, ist eine ganz unbewiesene Annahme, die überdies noch bei eingehenderer Betrachtung sehr an Wahrscheinlichkeit verliert. Ich wenigstens halte es nicht für wahrscheinlich, dass ein Kaninchen, welches jedenfalls doch noch nie auf dem Caroussel gefahren ist, denkt: jetzt werde ich im Kreise gedreht und zwar rechts herum, und damit mich die Centrifugalkraft nicht herabwirft und ich mir dabei etwas zerbreche, will ich links herumlaufen, denn dadurch

nimmt die Schwungkraft ab. Welchen Scharfsinn und welche Erfahrung erfordert allein diese letzte Ueberlegung; ich glaube kaum, dass ein Kind dieselbe zu Stande brächte! Fröschen und Salamandern traue ich sie nun gar nicht zu — und sie machen die Zwangsbewegungen doch; vor spontaner Geburt dem Uterus entnommene Meerschweinchen und eben ausgebrütete Hühnchen haben sicher keine Erfahrungen darüber, wie man am besten Rotationsbewegungen compensirt — und sie machen die Zwangsbewegungen doch; Meerschweinchen und Frösche ohne Grosshirn können schwerlich noch Vorstellungen haben und Entschlüsse fassen — und sie machen die Zwangsbewegungen doch!

Die angeführte Ansicht Mach's und anderer erklärt also die activen Ortsveränderungen während und nach passiven Rotationen ungenügend; einige Erscheinungen aber, die aufs engste hierher gehören, überhaupt nicht. Es bleibt nämlich völlig unaufgeklärt, warum während der Drehung eine Reihe activer Bewegungen sehr erschwert werden (Delage) und manche Kopfwendungen geradezu unmöglich sind (vgl. Mach l. c. S. 34 u. 35); ferner das Gefühl, dass die scheinbare Gegendrehung beim Anhalten des Apparates unter einem gewissen Widerstande vor sich geht — namentlich soll dies am Kopfe auftreten, der sich „wie in einem zähen Brei bewegt" (Mach l. c. S. 26); schliesslich drittens, warum wir, wenn kein anderes Organ als die Bogengänge im Stande ist, Bewegungsempfindungen zu vermitteln, bei vollkommen unbewegtem Kopf, also unter absolutem Ausschluss von Verschiebungen der Labyrinthflüssigkeit, ganz genau angeben können, wohin, wie weit, wie rasch ein Bein oder beide, oder eine Hand, ein Arm passiv bewegt werden.

Die Bogengänge können jedenfalls nicht die Ursache davon sein. Dieselbe muss also anderswo liegen und wird sich bei einer eingehenden Betrachtung dessen, was alles bei einer solchen passiven Bewegung z. B. eines Beins stattfindet, zeigen.

Bei der passiven Bewegung eines Beines findet zunächst ein Druck von der Hand des Experimentators oder von dem sonstigen Bewegungsmittel auf eine Partie der Haut des Beines statt. Allein eine solche Berührung löst, wie Mach in einer Reihe trefflicher Versuche zeigt (l. c. S. 66 ff.), an sich, im normalen wachen Zustand wenigstens, keine Motionsempfindung aus. Man fühlt weiterhin, dass sich die Extremität von ihrer Unterlage ablöst; allein

auch dies kann nichts ausmachen, denn wenn auch das Bein jeglicher Unterlage entbehrt — indem man sich z. B. auf die Arme und das andere Bein stützt, sodass der Körper in der Luft schwebt — fühlt man die Bewegung ebenso deutlich. Bei der passiven Kniebeugung berührt die Haut des Unterschenkels bei starker Flexion die des Oberschenkels. Dies lässt sich nicht ausschliessen; sollte es aber auch mitwirken, so kann es doch unmöglich das wesentliche Merkmal der Bewegung sein, ebenso wenig wie das Entstehen einer Hautfalte bei Hebung des Oberschenkels gegen den Rumpf.

Es ist also wohl der Schluss berechtigt, dass Tasteindrücke nicht die Bewegungsempfindung vermitteln; dass sie sie unterstützen können ist nicht zu leugnen und soll auch gar nicht geleugnet werden. Ich habe vielmehr die feste Ueberzeugung, dass stets eine ganze Anzahl verschiedener Momente uns gleichzeitig unsere Ortsveränderungen zum Bewusstsein bringt, dass aber eines derselben (die sensiblen Muskelnerven) das wichtigste ist, ohne welches wir keine Bewegungswahrnehmung mehr haben würden, während das Fehlen eines oder mehrerer der anderen Hülfsmittel diese Perception vielleicht undeutlicher aber nicht verschwinden macht.

Ferner: Mit Ausnahme der Knochen besteht das Bein aus Flüssigkeit, Blut und Lymphe und aus elastischen ziemlich compressiblen Geweben, deren einzelne Theile also bis zu einer gewissen Grenze an einander verschiebbar sind. Wenn daher die Hand des Experimentators z. B. unter der Ferse ruht, so sind die Massentheilchen des Fusses schon in Bewegung, wenn die der Kniegegend noch der Trägheit folgend in Ruhe sind. Eine Ausnahme machen eben die Knochen, deren Theilchen als in fester Verbindung unter einander gleichzeitig die Bewegung beginnen. Es schreitet der Beginn der ganzen Bewegung nach dem Rumpfe zu fort und überall an der Grenze zwischen ruhenden und eben sich in Bewegung setzenden kleinsten Partikelchen, findet eine Zerrung der festeren Gewebstheile und eine Bewegung der Zwischenflüssigkeit statt. Das könnte möglicherweise empfunden werden. Wahrscheinlich ist es nicht. Denn einmal müssten dazu fast von jedem festen Theilchen und von jedem Flüssigkeitstheilchen sensible Nerven ins Gehirn gehen, was nicht der Fall ist, und vor allem wäre auch der einwirkende Reiz wohl zu schwach, sie zu erregen.

Man könnte meinen, dass vielleicht die ja auch in den sen-

siblen Nerven selbst so erzeugten Molekülbewegungen als Reiz wirkten, allein dann fragt es sich, warum empfinden wir alle anderen Reize im Verlauf dieser Nerven als Druck oder Temperaturschwankung und nur diesmal gerade eine Bewegung? Die Erschwerung des Blutzuflusses bei Erhebung des Beines, die Erleichterung beim Sinken kommt auch kaum in Betracht. Man müsste sonst bei Compression der Cruralis ein Gefühl starker Hebung haben, was nicht der Fall, und dürfte Bewegungen in horizontaler Ebene nicht spüren, was wohl der Fall ist.

Es wäre noch daran zu denken, dass das Blut im ersten Augenblicke der Bewegung, nach dem Trägheitsgesetze zurückbleibend, einen Druck auf die Gefässwand in einer der Bewegungsrichtung direct entgegengesetzten ausübt. Abgesehen von der Schwäche dieses Druckes ist es aber unmöglich, dass sich daran eine Bewegungsempfindung anschliesse, sonst müssten wir eine solche bei jedem Pulsschlage haben.

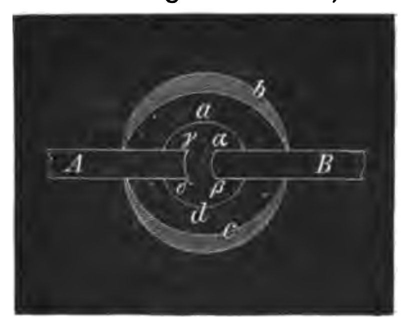
Endlich sind Gesichts- und Gehörswahrnehmungen nicht betheiligt, da man sie leicht alle ausschliessen kann, ohne etwas von der Schärfe der Bewegungsempfindungen einzubüssen.

Nicht ausschliessen lassen sich folgende Momente: In allen Gelenken des bewegten Beines finden, allerdings kleinste, Verschiebungen zwischen den articulirenden Gelenkflächen statt, insofern, wie oben erläutert, jedesmal der von dem Orte, wo die bewegende Kraft angreift, entferntere Knochen etwas später als sein Gegenüber die Bewegung beginnt und also etwas zurückbleibt. Ein gans eclatantes Schleifen findet aber in dem Gelenke statt, in welchem die Hauptbewegung vor sich geht, das heisst in diesem Falle im Hüftgelenk. Ob dieses Schleifen der Knorpelüberzüge aneinander und die damit verbundene Zerrung der Kapsel auf der einen, und Entspannung auf der anderen Seite, sowie die Spannung resp. Erschlaffung der verschiedenen Ligamente (die letzteren Punkte sind namentlich am Schultergelenk sehr wesentlich) eine Bewegungsvorstellung auslöst, ist nicht zu beweisen, aber nicht unwahrscheinlich, ja die Anwesenheit der sogenannten Gelenknervenkörperchen spricht eher dafür. Am wichtigsten scheint mir aber, dass bei jeder passiven Bewegung, sei es welches Gliedes es wolle, diejenigen Muskeln, welche activ dieselbe Bewegung bewirkt haben würden, schlaff werden, weil ihre Ansatzpunkte sich einander nähern, deren Antagonisten aber über ihre Länge in der

Ruhe gedehnt werden, weil ihre Ansatzpunkte sich von einander entfernen.

An vielen Gelenken liesse sich sicher leicht berechnen, um wie viel seiner ursprünglichen Länge ein solcher Muskel bei der Flexion gedehnt wird. Zum Beispiel am Ellbogengelenk könnte man aus dem Radius, mit dem sich das Olekranon um die Gelenkfläche des Oberarms dreht, und aus dem Winkel, den nach der Flexion Oberarm und Ulna bilden, den Weg, welchen der Ansatzpunkt des Extensor triceps dabei zurücklegt, in Gestalt eines Kreisbogens finden — um die Länge dieses Weges wird der Muskel gedehnt.

Fragen wir uns schliesslich, wodurch wir denn nun eigentlich die Bewegung des Beines wahrnehmen, so bleibt kaum etwas anderes übrig, als die Hypothese, dass Bewegungsempfindungen durch eine Erschlaffung gewisser Muskeln mit gleichzeitiger Dehnung ihrer Antagonisten zu Stande kommen, und dazu vielleicht das Schleifen der Gelenkflächen an einander sowie eine Dehnung und Entspannung der Capsel und ihrer ligamentösen Adnexa beitragen. Ich will hier gleich eine Schwierigkeit erwähnen, um einen Einwand, der sich auf diese stützen könnte, zu entkräften. Es stelle rein schematisch A den Rumpf vor; B das Bein; a, d die Gelenkkapsel; b die Gruppe der beinanziehenden Muskeln; c deren Antagonisten; α, β, γ, δ die Endpunkte der Ueberknorpelung. Wird nun B gehoben, also dem Rumpfe genähert, so erschlafft a und die Ansatzpunkte von b nähern sich einander; c und d werden gedehnt und α nähert sich δ. Genau dasselbe geschieht aber, wenn bei ruhendem Bein A gehoben wird, also sich B nähert,



Figur 4.

oder endlich, wenn A und B gleichzeitig gegeneinander bewegt werden. Es entsteht die Frage: wenn wir die Bewegung haupt-

sächlich nur aus Veränderungen im Spannungszustande gewisser Muskeln erkennen, woher wissen wir so genau zu unterscheiden, ob sich der Rumpf gegen das Bein, oder umgekehrt das letztere gegen den Leib bewegt, oder beide zugleich gegeneinander, da doch in allen drei Fällen immer dieselben Muskeln durch Entfernung ihrer Ansatzpunkte von einander gedehnt werden resp. eine Annäherung ihrer Ansatzpunkte an einander erfahren; die Gelenkflächen in derselben Weise aufeinander schleifen und die Capsel mit ihren Bändern, immer auf derselben Seite ge- und entspannt wird? Die Antwort darauf ist nicht allzu schwer zu finden.

Sobald der Rumpf oder das Bein bewegt wird, tritt, wie schon gesagt, das Trägheitsgesetz in Kraft und bewirkt kleine Verschiebungen in sämmtlichen Gelenken. Dadurch entstehen Aenderungen in der Spannung der betreffenden Capseln und der Muskeln, die die articulirenden Knochen activ aneinander bewegt hätten. Ferner ändert sich mit der Bewegung des Rumpfes wie des Beines die Richtung, in der die Schwere angreift und damit die Stärke ihrer Einwirkung. Es erfahren daher die den Körper gegen die Erdanziehung balancirenden Muskeln eine Widerstandsänderung und folglich gleich jedem elastischen Körper eine Modification ihres Spannungsgrades. Beide Momente, Trägheit und Schwere, verbinden sich also zur Erreichung desselben Zieles und sind auch unter allen Umständen vorhanden, selbst wenn man sich noch so sehr bemüht, ihre Wirkung zu annulliren resp. sie auszuschalten, wie weiter unten noch gezeigt werden wird. So kommen also zu der Bewegungsempfindung vom Hüftgelenk her noch solche vom Rumpfe oder vom Bein oder von beiden zugleich, und je nachdem das eine oder andere der Fall ist, merkt der Beobachter, dass die eine oder die andere Combination statt hat. Es erwächst also unserer Hypothese von dieser Seite kein Hinderniss. Die Behauptung, dass Spannungsänderungen in den Muskeln, die aus so kleinen Verschiebungen innerhalb eines Gelenkes entständen, zu gering seien, um eine Empfindung auszulösen, wird einmal schon dadurch entkräftet, dass immer sehr viele Muskeln zugleich betroffen werden, also gewissermaassen eine Art Reizsummation stattfindet. Dann kann ich aber auch meine Hypothese durch experimentelle Untersuchungen unterstützen, die jeder jeden Augenblick an sich selbst nachprüfen kann.

Wir alle gehen bekanntlich an einen zu überwindenden Wi-

derstand, an eine zu hebende Last, schon mit einer gewissen, ich möchte sagen vorläufigen, Contraction heran. — Spiegelt man nun einem vor, man wolle aus gewisser Höhe ein Kilogramm in seine bei gebeugtem Ellenbogen ausgestreckte Hand fallen lassen und vertauscht es im letzten Augenblick mit einem kleinen Geldstück, so heben sich Unterarm und Hand energisch beim Auffallen desselben, und senken sich ebenso, wenn man statt des vermutheten Geldes das Gewicht fallen lässt. Jedoch nur einen Moment. Schon im nächsten befinden sich Arm und Hand sicher und ruhig in der gewünschten Lage. Wie kommt es? Als die Münze auffiel, wurde der Biceps zu stark contrahirt, der Unteram bewegte sich nach oben, der Biceps näherte seine Ansatzpunkte, der Antagonist, Extensor triceps, wurde gedehnt. Dadurch ward die Hebung empfunden und alsbald corrigirt. Beim Auffallen des Gewichtes nähern sich umgekehrt die Ansatzpunkte des Streckers, der Beuger aber wird über seine bisherige Länge gedehnt, indem mit dem Sinken des Unterarmes seine Ansatzpunkte sich weiter von einander entfernen. Wiederum wird so die Bewegung empfunden und corrigirt. Der nunmehr im rechten Winkel zum Oberarm ruhig ausgestreckte Unterarm ist aber nur scheinbar unbeweglich: in Wirklichkeit macht er, wie Preyer und Rieger graphisch darthaten, fortwährend selbst gegen den Willen der Versuchsperson kleine Schwankungen, abwechselnd immer auf und nieder. Die mittelst des Registrirapparates erhaltenen Curven lassen sich so deuten, dass eben jede kleinste Hebung des Armes sofort wieder compensirt wird durch eine Contraction des Streckers; diese geht, wie es beim Pendeln geschieht, etwas über die Gleichgewichtslage hinaus, der Beuger holt sofort den Arm wieder zurück und so fort. Aehnlich lassen sich auch Schwankungen von einer Seite zur anderen auffassen. Ehe aber die Hebung durch eine Senkung oder eine Seitwärtsbewegung durch die entgegengesetzte ausgeglichen werden kann, muss doch ein sensibler Reiz durch erstere ins Centralorgan gesendet werden, der letztere auslöst. Dass wir uns keine Rechenschaft davon geben, weder von diesen feinsten, noch von obigen gröberen Correcturen, sie uns nicht zum Bewusstsein kommen, beweist nichts hiergegen. Der eifrig Lesende schlägt auch nach dem stechenden Insect, ohne es zu merken, und der Schlafwandelnde vermeidet vorsichtig Stühle und scharfe Tischkanten, ohne sich dessen bewusst zu werden. Die Aufmerksamkeit con-

centrirt sich eben auf den Zweck der Bewegung, auf den Gegenstand, den wir ergreifen wollen, wohin wir ihn zu tragen gedenken, was mit ihm geschehen soll; nicht mehr auf die Bewegung selbst, die, weil alltäglich, mechanisch vor sich geht, geschweige denn auf solche nebensächliche Bewegungsvorgänge. Wenn diese aber bei ganz passiven Bewegungen allein zur Geltung kommen, und wenn wir absichtlich die Aufmerksamkeit auf sie lenken, indem wir uns fragen, wie und wohin bewegen wir uns? dann erst werden wir ihrer inne und dann um so deutlicher.

E. H. Weber hat ferner festgestellt, dass man mit Hülfe des Muskelsinnes noch Unterschiede in der Belastung z. B. der Hand wahrnimmt, wenn der doch so feine Tastsinn sie bereits nicht mehr percipirt. Dies ist nur so zu erklären, dass auch das Hinzufügen sehr geringer Ueberschüsse der Belastung noch merkbare Bewegungen des Armes oder Handgelenkes auslöst. Ich habe die bemerkenswerthe Beobachtung gemacht, dass man den Druck auf eine Hautstelle sofort abnehmen fühlt, wenn man das betreffende Glied der Richtung des Druckes entgegen passiv bewegt, wodurch die Bewegung, welche die Belastung ihm ertheilt und welche Ursache der Druckempfindung ist, aufgehoben wird; und dass der Druck sofort verstärkt auftritt, wenn man das Glied loslässt, weil die passive Bewegung durch die Last dann ungehindert vor sich geht. Würde der Druck durch andere als Muskelnerven empfunden, dürfte dies nicht der Fall sein.

Dass schliesslich minimale Bewegungen ins Grosshirn signalisirt werden, und zwar mitunter recht starke Bewegungsempfindungen auslösen, zeigen folgende, von Mach angestellte und von mir durch ähnliche bestätigte Versuche. Mach schreibt (l. c. pag. 70 ff.): „Beim Ausgiessen von Quecksilber aus einem Gefäss hat man die Empfindung der gewaltsamen (!) Hebung derjenigen Hand, die das Gefäss hält. Man kann auch beim aufmerksamen (!) Zusehen wahrnehmen, dass sich die Hand wirklich etwas (!) hebt." Ferner (Versuch 3. pag. 71): „Auf den Kopf wird eine innen gepolsterte Holzkappe gesetzt, jedoch so fest, dass man den Kopf nothwendig mit drehen muss, wenn man die Kappe dreht. In der Nähe des rechten und linken Ohres befindet sich an der Kappe ein Haken. Am rechten Haken greift eine Schnur ein, welche horizontal nach vorne über eine Rolle geht und an der eines der beschriebenen Gefässe hängt. Eine zweite Schnur geht vom linken

Haken horizontal nach hinten über eine zweite Rolle und trägt das zweite Gefäss. Beide Gefässe zusammen ertheilen dem Kopf ein übrigens beliebig variables Drehungsmoment, welches durch die Muskeln im Gleichgewicht gehalten wird. Lässt man nun das Wasser aus den Gefässen abfliessen, so fühlt man eine Drehung des Kopfes, entgegen demjenigen Sinne, in welchem er durch die Gewichte gedreht würde. Bemerkenswerth ist, dass alle diese Drehungen sehr stark empfunden, aber nur unmerklich ausgeführt werden." In Parenthese sei mir hier die Frage erlaubt, wie es sich nach der Bogengangstheorie erklärt, dass das Drehungsgefühl so stark, die Drehung selbst und also auch die Affection der Labyrinthflüssigkeit aber so sehr gering ist; man muss sich doch vorstellen, dass die Stärke der Bewegungsempfindungen ganz genau der Stärke des Druckes der Lymphe auf die Labyrinthwand entspräche, in diesem Falle also sehr klein sein müsste; und woran unterscheiden wir ferner, dass sich die Drehung auf den Kopf beschränkt und der Körper nicht mitgedreht wird, — in beiden Fällen verhalten sich ja doch die Bogengänge ganz gleich?

In den angeführten und einigen ähnlichen Versuchen wirkt also auf einer Seite eine Kraft, die durch Muskelzug auf der anderen genau compensirt wird. Nun wird die Last rasch vermindert, rascher, als jene Muskeln im Stande sind, sich entsprechend dem abnehmenden Widerstand zu entspannen, und die Folge ist, dass sie den Kopf in Bewegung versetzen. Dieselbe ist äusserst unbedeutend, da ja der Ueberschuss an Contraction durch das fortwährende gleichzeitige Nachlassen derselben immer ein geringer bleibt, wird aber „stark empfunden!"

Es ist also nach all diesem wohl keineswegs so ganz unzulässig, anzunehmen, dass auch ganz minimale Bewegungen, die in Folge der Trägheit und der Schwerkraftsänderung entstehen, wahrgenommen werden können. Uebrigens sind solche Bewegungen gar nicht immer so minimal: schon manchen hat das Beharrungsvermögen seines Körpers zu Boden gerissen.

Gleichgewicht und Usus tatus.

Wenn jemand sitzt, liegt, aufrecht geht, so wird keiner bezweifeln, dass er im Gleichgewicht sei. Sowie aber jemand im Begriff steht, von der Erdanziehung zu Boden gerissen zu werden, sagt man, er verliert das Gleichgewicht. Gleichgewicht ist also

eine Bezeichnung für einen Zustand, in dem die Anziehung, die die Erde auf unseren Körper ausübt, von den Ligamenten und Muskeln compensirt ist. Man kann aber auch den Rumpf fast im rechten Winkel nach vorn beugen, ohne zu fallen; ebenso ein gutes Stück nach hinten und zur Seite. Man kann auch, ohne hinzustürzen, wie ein Thier auf Händen und Füssen laufen, ja mit einiger Geschicklichkeit auf dem Kopfe stehen. Consequentermaassen muss man diese Stellungen mit unter den Gleichgewichtszustand begreifen. Sofort aber ergiebt sich die Nothwendigkeit, zu erklären, warum wir uns stets beim Stehen, Gehen, Sitzen der aufrechten Körperhaltung bedienen und nicht etwa eines der anderen Gleichgewichtszustände oder aller abwechselnd; warum Vierfüssler eben auf allen Vieren laufen und nicht wie wir bloss auf den Hinterextremitäten, was, wie dressirte Hunde und Bären zeigen, an sich kein mechanisches Hinderniss findet; es wird endlich zweckmässig sein, den Ausdruck Gleichgewicht fallen lassen und dafür diejenige specifische Körperhaltung, welche alle Thiere beim Sitzen resp. Laufen einnehmen und die für alle Individuen derselben Thiergruppe dieselbe, für Individuen verschiedener Gruppen verschieden ist, als die normale durch einen besonderen Namen vor allen anderen sonst möglichen als abnormen auszuzeichnen und jenen gegenüberzustellen. Wir wollen sie den Usustatus nennen.

Bei einem schwimmenden Frosch ist die Haltung eine andere, als wenn er auf dem Trockenen sitzt, wieder anders wenn er kriecht; ein sich nicht bewegender Hund steht entweder auf allen vier Füssen oder er lässt sich auf sein Hintertheil nieder und stützt sich dabei mit den Vorderbeinen oder er legt sich der Länge nach auf den Boden. Demgemäss könnte man den Usustatus noch in einen Usumotus und einen Ususitus und diese wieder in Unterabtheilungen theilen — doch darauf kommt es hier nicht an.

Gehen wir auf die frühesten Thiergeschlechter zurück, so ist klar, dass nur diejenigen zur Fortentwickelung kamen, welche sich eine Körperhaltung angewöhnten, die sie in den Stand setzte, mit möglichstem Erfolge die Feinde abzuwehren und andererseits möglichst rasch und viel Nahrung zu erbeuten. Dazu ist aber vor allem eine Körperhaltung nöthig, in der die Erdanziehung durch Muskeln compensirt ist; anderenfalls würde ja durch ein fortwährendes Fallen und die damit verknüpften Contusionen die Erreichung jener Ziele einfach unmöglich gemacht. Von den ver-

schiedenen Körperhaltungen, die diesem Zwecke alle entsprechen würden, wird es nun in einem Kampfe ums Dasein offenbar nothwendig gewesen sein, sich diejenige auszuwählen, welche die gestellte Aufgabe mit dem geringsten Kraftaufwand zu lösen vermag. Denn um so weniger braucht das Thier auszuruhen, um so mehr von seinen gesammten Kräften kann es zur Locomotion und zum Streite mit anderen Geschöpfen verwenden. Indem also nur diejenigen Thiere zur Production einer fortdauernden Nachkommenschaft kamen, deren Körperhaltung allen genannten Anforderungen am besten genügte, erbte die Nachwelt diese Haltung, und immer nur diese blieb durch die Generationen hindurch von Bestand, so dass wir heute allen einzelnen Individuen derselben Gruppe mit der gleichen „Normalstellung“ den Kampf ums Dasein kämpfen sehen. Diese normale Körperstellung (status) ist also üblich und nützlich zugleich (usus) und kann daher wohl kaum besser als mit dem Namen „Usustatus“ belegt werden.

Der Usustatus des Menschen ist die Verticalstellung auf den Füssen. In der That ist diese Haltung für uns die zweckmässigste. Eine Kopfdrehung genügt, um in einem Moment alles zu überschauen, was rings um uns bis zum Horizont geschieht. Jeden Augenblick können wir nach allen Richtungen hin mit Leichtigkeit unsere Arme gebrauchen, stets sind wir gerüstet, momentan nach irgend einer Seite unseren Platz zu wechseln, zur Flucht, zur Verfolgung. Zugleich ist so die Schwere am besten compensirt: die unterstützenden Füsse nehmen den Muskeln einen Theil der Last ab, und was diesen zu halten übrig bleibt, vertheilt sich meist gleichmässig auf die symmetrischen Muskelgruppen. Wollte man etwa den Rumpf maximal vornübergeneigt tragen, so würden die Rücken und Oberschenkel verbindenden Muskeln die ganze Last des Rumpfes allein tragen müssen und sicher sehr rasch ermüden, sodass häufige Ruhepausen die Locomotion erheblich stören würden.

Es gehört zum Wesen des Usustatus, dass derselbe, sobald er aus irgend welchem Grunde einmal verloren geht, von dem betreffenden Geschöpf möglichst bald und ohne Zeitverlust wiederhergestellt werde.

Jedes Thier und besonders ausgesprochen der Mensch ist im Stande, activ seinen Körper bis zum Umfallen vornüber, hintenüber oder seitwärts zu neigen; zu dem Zwecke werden die Muskeln der betreffenden Seite contrahirt; folglich nähern sich ihre

Ansatzpunkte; diejenigen der Antagonisten entfernen sich, letztere werden also über ihre vorherige Länge gedehnt. Ganz dasselbe geschieht natürlich auch beim passiven Einbüssen des Usustatus, beispielsweise nach rechts; durch die Neigung des Körpers nach rechts nähern sich die Ansatzpunkte der Muskeln, die activ diese Neigung vollführt haben würden; die Antagonisten werden gedehnt. Zur Wiedererlangung des Usustatus ist nun nichts weiter nöthig, als die gedehnten Muskeln auf ihre alte Länge zurück zu contrahiren.

Anfangs, als gleichsam der Usustatus der Thierwelt etwas Neues war, mag dazu Willensimpuls und Aufmerksamkeit nöthig gewesen sein. Später wurde das Willenscentrum im Grosshirn durch die Abwickelung dieses so häufigen, schliesslich zur Virtuositätsbewegung werdenden Vorganges ebenso wenig mehr alterirt, wie es der Frosch z. B. zum Abwischen eines Tropfens Säure braucht oder zum Herausziehen seiner Hinterextremität aus einem Glase mit Schwefelsäure. Das einfache Gedehntwerden bestimmter Muskeln durch das Nachgeben des Körpers gegen die Schwere genügt, sie auf reflectorischem Wege zur Wiedercontraction und damit zur Wiederherstellung des Usustatus zu veranlassen.

Jeder weiss aus Erfahrung, dass er, wenn er ins Taumeln geräth, sofort eine zweckmässige compensatorische Bewegung macht, ohne, wie doch sonst bei jeder anderen activen Bewegung, vorher die klare Vorstellung gehabt zu haben, jetzt will ich das und das thun. Ja, die Empfindung des Fallens und der damit verbundene Schreck kommen meist erst zum Bewusstsein, wenn der Usustatus bereits wieder hergestellt ist. Gelingt es uns aber nicht gleich wieder auf die Beine zu kommen, so beginnen wir alle bekanntlich zunächst eine Locomotionsbewegung zu machen, um durch Unterschieben der Beine den fallenden Rumpf zu stützen, alsdann aber auch mit den Armen in der Luft herumzufahren, auch wenn gar nichts zum Festhalten in der Nähe ist; eine Bewegung, die aus diesem Grunde entschieden als nutzlos gar nicht unternommen würde, wenn das Bewusstsein, die klare Ueberlegung Erzeugerin dieser Compensationsbewegungen wäre. Vielmehr sind diese Armbewegungen reflectorisch und bilden zugleich, wie mir scheint, ein interessantes Analogon zum dyspnoischen Reflexkrampf der gesammten Skelettmuskulatur: hier wie dort greift eben der Reflex weiter um sich, wenn der Reiz nicht durch einen motorischen Effect, um mich so auszudrücken, gestillt wird.

Dass auf eine Störung des Usustatus, wenn der Wille es nicht speciell anders bestimmt, sofort seine Wiederherstellung folgt, erklärt auch die interessante Thatsache, dass decapitirte Frösche, wenn man sie auf den Rücken legt, immer sofort wieder in die hockende Stellung, eben ihren Usustatus, oder wenn man will, Ususitus zurückkehren und dass sie sogenannte coordinirte Bewegungen machen, das heisst also einfach bei ihren Sprüngen den gewohnten Usumotus bewahren, kurz dass sie sich bewegen wie ein normaler. Hieraus erklärt sich endlich, was zwar erst im weiteren Verlauf der Arbeit verständlich werden wird, was ich aber der Vollständigkeit halber hier erwähnen muss, dass nämlich Thiere ohne Grosshirn ebensogut die Zwangsbewegungen machen, wie solche mit intactem Cerebrum.

So angenehm und nützlich nun auch für Thier und Menschen die prompte Thätigkeit dieses Reflexmechanismus ist, so hat dieselbe doch eine Schattenseite. Da nämlich beim activen Verlassen des Usustatus genau dieselben Muskeln überdehnt werden, wie beim passiven in derselben Richtung, so muss auch hier eine reflectorische Contraction ihrerseits nachfolgen und sich als ein Hemmniss der beabsichtigten Bewegung unangenehm geltend machen. Alle Skelettmuskeln nur in verschiedenem Grade, wirken aber zur Compensation der Schwere mit, und so findet denn jede Bewegung mehr oder weniger in der antagonistischen Contraction ein Hinderniss. Zwar wird dieselbe stets sofort durch den Willen unterdrückt und es wäre nicht undenkbar, dass sie dadurch im Laufe weiterer Jahrtausende allmählich ganz aus dem Bilde activer Bewegungen verschwinden wird — jedenfalls ist sie heute schon nicht mehr stark genug, um ohne Zuhülfenahme des Willens die passive Bewegung eines Gliedes für sich, z. B. des Kopfes, eines Armes, der Füsse zu hindern — fühlbar ist sie aber noch, das weiss jeder Operateur, jeder Vivisector, welcher täglich die Erfahrung macht, dass sich in der Narcose weit ausgiebigere passive Bewegungen machen lassen als vor- oder nachher.

Doch genug hiervon. Ich gehe jetzt dazu über, alle Bewegungsvorstellungen, Zwangsbewegungen und was sonst noch an Erscheinungen bei passiven Bewegungen auftritt, mit Hülfe der einfachen Annahme zu erklären:

Die Wahrnehmung einer Bewegung und wenn durch diese der Usustatus gefährdet wurde, dessen Wiederherstellung, wird

ausgelöst durch die specifischen Spannungsänderungen der Muskeln in Folge der Bewegung.

Die passiven Bewegungen können geradlinig, gebrochenlinig oder krummlinig sein und in allen möglichen Ebenen im Raume vor sich gehen. Wir wollen hier nur die geradlinigen und kreisförmigen betrachten, da sich hierauf alle anderen leicht reduciren lassen. Von Ebenen sollen aus demselben Grunde für die geradlinigen Bewegungen nur die horizontale und verticale besprochen werden, für die kreisförmigen nur die horizontale.

I.

Die geradlinige Bewegung in horizontaler Ebene.

Sie kann geschehen nach allen Richtungen der Windrose. Es genügt, wenn wir hier eine derselben, etwa die von hinten nach vorne ins Auge fassen.

Stellt man ein einigermaassen hohes, am besten prismatisches Holz auf ein Stück Papier, das auf einem Tische liegt, und zieht sehr langsam an dem Papier, so geht das Holz in seiner aufrechten Stellung mit. Zieht man etwas rasch, so fällt das Holz entgegen der Bewegungsrichtung um. Zieht man aber mit grösstmöglichster Schnelligkeit das Blatt weg, so macht das Holz gar keine Bewegung, sondern steht nach Entfernung des Papiers in seiner alten Stellung auf dem Tisch, als ob gar kein Papier zwischen beiden gewesen wäre.

Genau so verhält sich der Mensch. Beim Abtreiben eines Bootes durch eine sanfte Strömung, oder wenn ein Eisenbahnzug sich in Bewegung setzt, bleibt man ruhig stehen. Der Fall einer plötzlichen Entfernung der Unterlage wird wohl kaum vorkommen, um so häufiger aber der Fall des Beginns einer mittelraschen Bewegung. Giebt es doch wohl kaum jemand, der nicht schon auf der Plattform einer Pferdebahn oder sonst auf einem Wagen stehend beim unvermutheten Anziehen der Pferde zurückgetaumelt wäre, oder vorwärts beim plötzlichen Anhalten, oder der sich nicht prophylaktisch schon vorüberbeugte, wenn er den Eintritt der Vorwärtsbewegung voraussieht.

In diesem Falle gehen also bei Beginn der Bewegung die Füsse sogleich mit der Unterlage mit, der Unterschenkel im Talusgelenk hat aber schon die Tendenz zurückzubleiben. Sehr erfolg-

reich wirkt die Trägheit an Knie- und Hüftgelenk. Die Wirbelsäule und mit ihr der Rumpf zeigt das Bestreben, sich, so weit sie vermag, nach hinten — wir haben also immer die Bewegung vorwärts im Auge, wobei auch der Beobachter nach vorne sieht, — concav zu krümmen; der Kopf, als höchster Punkt, strebt bei seiner ausserordentlichen Freibeweglichkeit am energischsten nach hinten, in geringerem Maasse Schultern, Arme, Hände. In letzter Instanz bekommen nun zwar auch alle inneren Organe, Magen, Leber, Pankreas etc., kurz alle Massentheilchen des Körpers ein Bewegungsmoment nach rückwärts, um so mehr, je höher sie liegen; allein wir haben schon gesehen, warum dies, sowie die Haut, Sinnesorgane, Blut etc. mit höchster Wahrscheinlichkeit von der Betheiligung an der Genese einer Bewegungswahrnehmung auszuschliessen ist.

Wesentlich ist auch hier wieder das Schleifen der Gelenkflächen auf einander und die Modificationen im Spannungszustande der Gelenkkapseln resp. -bänder und vor allem der Muskeln.

Diese Vorgänge sind selbstredend, abgesehen von quantitativen Unterschieden, bei jeder Vorwärtsbewegung immer genau dieselben, und da sie gewisse Empfindungen auslösen, so werden auch diese stets dieselben sein. Hat man sich aber wiederholt durch optische oder Tasteindrücke oder irgend welche psychische Vorgänge überzeugt, dass diese letzteren immer und auch immer nur mit einer Vorwärtsbewegung verknüpft sind, so wird man bald dahin kommen, sofort mit ihrem Auftreten, auch ohne jene Hülfsmittel, die Ueberzeugung, es handle sich um eine Vorwärtsbewegung, zu gewinnen.

Durch die Trägheit wird der Körper aus seiner verticalen Lage in eine schiefe versetzt und so der Usustatus verlassen. Dadurch wird der Körper der Schwere mehr ausgesetzt als vorher: die Schwerlinie fällt über die Unterstützungsfläche hinaus. Die sie compensirenden Muskeln werden passiv durch den stärkeren Widerstand gedehnt, und hierdurch die Bewegungsempfindungen infolge der Trägheit noch unterstützt. Zugleich tritt aber auch eine reflectorische Wiederherstellung des Usustatus ein, der Körper nimmt seine Verticalstellung, wie er sie in der Ruhe hatte, ehe die Bewegung begann, wieder an.

Auf die beschriebene Weise erfahren wir also den Beginn einer passiven Vorwärtsbewegung und natürlich eine jede Beschleu-

nigung einer bereits bestehenden, da dann wieder die Trägheit von neuem auftritt. Während einer gleichmässigen passiven Bewegung aber, wo alle Körpertheile durch den trägheitscompensirenden Muskelzug wieder in normale Lage gebracht sind und gleiche Geschwindigkeit erlangt haben, ist, da eine Verschiebung der Knochen aneinander dann nicht mehr stattfindet, lediglich die Schwere zu compensiren. Die Spannungsverhältnisse der Muskulatur sind also dieselben, wie auch in der Ruhelage, wir dürfen uns also, wenn meine Auffassung richtig ist, der Bewegung -- abgesehen von der Erinnerung u. s. w. — nicht bewusst sein. Die hierüber angestellten und früher aufgeführten Experimentaluntersuchungen haben dasselbe Resultat ergeben. Eine weitere Bestätigung scheint mir in der Thatache zu liegen, dass man während einer Eisenbahnfahrt bald vorwärts bald rückwärts zu fahren meint, und dass man sich beliebig das eine oder andere einzubilden vermag. Auch muss man sich beim Erwachen im Coupé erst mühsam orientiren, in welcher Richtung eigentlich die Fahrt geht; dass man fährt, merkt man sofort durch dass Rütteln und Schütteln des Wagons. Die-Richtungswahrnehmung ist hier einzig und allein von der Phantasie abhängig, was beim Beginn der Fahrt niemals der Fall ist.

Das Bewusstsein von der Bewegung überhaupt ist bedingt einmal durch die Erschütterungen des Vehikels. Würden diese nebst allen Geräuschen etc. vermieden, so bin ich überzeugt, würde niemand beim Aufwachen aus dem Schlaf im Stande sein zu sagen, ob er noch in Bewegung sei oder nicht. Vielleicht hat der Leser schon Gelegenheit gehabt, im Schlafraum eines Passagierdampfers derartige Beobachtungen anzustellen. Im fortwährend wachen Zustand lässt sich diese Frage ungleich leichter beantworten, denn hier folgt die Fortdauer der Bewegung daraus, und dies ist das zweite Moment, auf welches sich das Bewusstsein, bewegt zu werden, stützt — dass die Erscheinungen, die beim Anhalten sich zeigen, noch nicht eingetreten sind.

Diese sind nun folgende. Beim Anhalten kommt zuerst die Unterlage zur Ruhe und ganz gleichzeitig die ihr fest anhaftenden Fusssohlen; Unterschenkel, Oberschenkel, Rumpf und Kopf, deren Reibung an einander so wie so infolge der vorhandenen Synovialflüssigkeit eine minimale ist, fliegen weiter, am energischsten wieder der Kopf. Der ganze Körper hat also das Bestreben, eine

Kreisbewegung nach vorn um die plantae pedum als Centrum zu beschreiben. Dadurch werden dann wiederum die solcher Bewegung antagonistischen Muskeln gedehnt, die Bewegung percipirt und compensirt, sei es durch einen Ruck, einen Sprung nach vorn, einige Laufschritte, oder Festhalten mit den Händen.

Es ist also alles wie beim Einsetzen der Bewegung, nur wirkt die Trägheit nach der entgegengesetzten Seite. Wird ein Körper, der sich auf einer Geraden *AB* bewegt, von „*A*" kommend, bei *B* plötzlich arretirt, so neigt er sich nach obigen Betrachtungen mit der Spitze so, als wolle er über *B* hinaus nach „*C*" fallen. Absolut genau dasselbe würde geschehen, wenn in „*B*" eine Bewegung des Körpers nach „*A*" hin begänne. Daraus folgt, dass man nie im Stande ist, bestimmt zu unterscheiden, ob eine passive Bewegung bloss aufhört, oder gleichzeitig eine Rückwärtsbewegung in derselben Geraden eintritt. In der That berichtet Delage, er habe einmal im Courirzug reisend und eifrig mit Lectüre beschäftigt deutlich das Gefühl gehabt, zurückzufahren, als der Zug besonders heftig vor einer Station gebremst wurde. Erst der Augenschein habe ihn über seinen Irrthum belehrt. Im Allgemeinen tritt indessen eine derartige Verwechselung wohl kaum jemals ein, und das ist nur natürlich. Denn es kommt sicher bei den passiven Bewegungen des täglichen Lebens, von denen doch alle unsere Erfahrung in dieser Richtung stammt, sonst nicht vor, dass eine Vorwärtsbewegung unmittelbar nach dem Aufhören in eine Rückwärtsbewegung übergeht. Dies könnte höchstens einmal bei einem wissenschaftlichen Experiment über diese Fragen stattfinden, und ich bin überzeugt, dass man gewohnheitsmässig selbst dann noch immer nur meinen würde, die Bewegung werde sehr plötzlich verlangsamt resp. inhibirt, wenn wirklich schon ein Rückwärtsbewegen der Unterlage stattfände. Uebrigens hat diese Betrachtung keine Bedeutung für eine Entscheidung zwischen Muskelsinn und Bogengängen. Auch die Labyrinthflüssigkeit müsste beim Anhalten einer von *A* (vgl. die obigen Benennungen) ausgehenden Bewegung in „*B*" ebenso in der Richtung *C* einen Druck ausüben, wie wenn von *B* aus eine Bewegung auf *A* zu beginnen würde. Also auch die Ampullennerven könnten die Frage, ob es sich um blosses Anhalten oder gleichzeitigen Beginn der Rückwärtsbewegung handelt, an sich nicht entscheiden, bedürften vielmehr ebenfalls der Hülfe der Ueberlegung oder weiterer Sinneswahrnehmungen.

Delage hat die Grenze der Langsamkeit, bei der wir noch eine Bewegung wahrnehmen, als so klein bestimmt, dass dabei der Körper nicht mehr so sichtbar nach dem Trägheitsgesetz zurückbleibt, wie etwa bei Abfahrt einer Pferdebahn. Für diese Fälle scheint also unsere Erklärung nicht mehr auszureichen; und selbst wenn man mir nach Analogie der oben angeführten Quecksilber- und Eimerversuche von Mach zugeben wollte, dass manche nicht mehr sichtbare Bewegungen noch sehr gut fühlbar seien, müsste doch — so könnte ein Gegner sagen — die Einwirkung der Trägheit sich leicht ganz eliminiren lassen und damit jede Bewegungsvorstellung aufhören. Man brauche zu diesem Ende nur dem Rücken bei Vorwärtsbewegung in aufrechter Stellung eine unverrückbar feste Stütze zu geben, welche Kopf, Rumpf und Extremitäten verhindert im Beginn der Bewegung rückwärts auszuweichen. Ein Gypsmantel, der den ganzen nackten Körper von hinten her bis zur Frontalebene eng anschliessend umhüllte und hinten etwa mittelst eines verticalen Brettes unverrückbar an der Unterlage befestigt wäre, dürfte zum Beispiel allen Anforderungen in dieser Richtung genügen. Hierauf erwidere ich: Zwischen den Knochen, welche durch die Trägheit an einander verschoben werden sollen und der Widerlage befinden sich, in besonderer Dicke an Nacken und Hüfte, fest-weiche Muskelmassen, elastische Gewebe und eine Menge Flüssigkeit. Sobald der Körper infolge seiner Trägheit an den Gypsmantel angepresst wird, drücken die Knochen auf diese Weichtheile; sie weichen nach den Seiten hin aus und trotz der festesten Unterstützung ist damit Platz genug für die Knochenverschiebung gewonnen. Eliminiren lässt sich also dieser Hauptfactor für das Zustandekommen einer Bewegungsvorstellung nicht, wenigstens nicht auf diesem Wege; sicher wird dadurch aber die Affection des Skelettes durch die Trägheit erschwert, und es wäre schon deshalb lohnend, einmal dieses Experiment zu machen, um zu sehen, ob dann schon eher als nach Delage's Berechnung die Empfindung, bewegt zu werden, aufhört.

Man könnte noch die Frage aufwerfen, warum niemand, der sich hintenüber fallen lässt oder von einem anderen an Kopf oder Schultern nach hinten gerissen wird, meint, er fange an, sich vorwärts zu bewegen; denn es müsste doch auf eins hinauslaufen, ob die Trägheit oder eine andere Kraft den Körper rückwärts umkantet, da es ja für die Bewegungsempfindung eben nur auf dies

Umkanten ankommt. Nun, die Trägheit ist eine Kraft, welche unter den vorliegenden Bedingungen erstens in allen Gelenken gleichzeitig angreift und deren umkantende Wirkung zweitens proportional der Höhe des bewegten Körpers wächst. Bei keiner der genannten künstlichen Nachahmungen sind aber, wie eine kurze Ueberlegung zeigt, diese Bedingungen alle erfüllt, und es ist also nur natürlich, wenn dieselben nicht die Empfindung einer Progressivbewegung nach sich ziehen.

Wir haben bisher nur der aufrechten Stellung und der Vorwärtsbewegung unsere Aufmerksamkeit geschenkt. Betrachtungen über andere Lagen unseres Körpers bei der Bewegung und andere Richtungen letzterer würden den obigen ganz analog sein — es kämen eben nur andere Muskelgruppen in Frage.

Wir gehen daher jetzt gleich über auf:

II.

Geradlinige Bewegungen in verticaler Ebene.

Es handelt sich hier also um die Bewegung des Aufsteigens (z. B. im Luftballon) und des Fallens. Der freie Fall kommt praktisch ausser bei verunglückenden Luftschiffern und bei einem Sprung ins Wasser, etwa von einem Sprungbrett herab wohl nicht häufig vor. Aber auch jeder Fall mit constanter Geschwindigkeit, wie die Benutzung eines Fahrstuhls im Hôtel oder die Einfahrt in ein Bergwerk muss für die Anfangsmomente als ein freier Fall angesehen werden. Im Beginn einer solchen Bewegung wird die Unterlage unter den Füssen des Beobachters — er möge wieder aufrecht stehend gedacht werden — plötzlich gesenkt. Dieser wird einen Moment frei im Raum aus Trägheit ruhen bleiben; das Gefühl des Druckes auf die Unterlage muss aufhören und dies mag, da es jedesmal passirt, schon als Index für das Sinken dienen. Im nächsten Moment beginnen die Füsse, deren Bestandtheile man wohl als in fester Verbindung unter einander ansehen kann, durch nichts gehalten oder unterstützt, frei zu fallen, während der Unterschenkel unter Streckung des Talocruralgelenkes und Entfernung der beiden Gelenkflächen von einander zurückbleibt und mit ihm Oberschenkel und Rumpf; im folgenden Moment fängt auch er an zu sinken; alsdann der Oberschenkel, und so schreitet der Beginn des freien Falles von unten nach oben fort; sobald alle Theile

frei fallen, drückt keine Gelenkfläche mehr auf die andere und das Aufhören dieses sonst stets vorhandenen Druckes, sowie die Spannung aller Gelenkkapseln, die mit der Streckung des ganzen Körpers beim freien Fall sich verbindet, ist nicht unmöglicher Weise schon an und für sich ein Merkmal des Fallens.

Wie werden nun aber die Muskeln durch den freien Fall afficirt?

Der Schwerpunkt des Kopfes liegt weiter vorn als sein Unterstützungspunkt; beim freien Aufrechtstehen muss daher der Kopf durch Muskelaction gegen das Vornüberfallen geschützt werden. Die Oberextremitäten werden nicht bloss durch die Gelenkkapsel des Sternoclaviculargelenkes am Rumpfe fixirt, sondern hauptsächlich durch Muskelzug getragen. Denn man kann jederzeit willkürlich die Schultern noch ein gutes Stück sinken lassen. Dies wäre nicht möglich, wenn bloss die Kapselspannung die Erdanziehung compensirte, da ja dann die relativ schwere Oberextremität stets die möglichst tiefste Stellung einnehmen müsste und sich nicht senken lassen könnte. Der Schwerpunkt von Kopf plus Rumpf liegt vor dem zehnten Brustwirbel so, dass der Oberkörper im Hüftgelenk die Tendenz hat nach hinten zu fallen; dasselbe gilt vom Schwerpunkt des Rumpfes plus Kopf plus Oberschenkel, dessen Lage ebenfalls so beschaffen ist, dass der Körper im Kniegelenk sich nach hinten einzubiegen strebt. Der Schwerpunkt des Gesammtoberkörpers, vor dem Promontorium gelegen, tendirt eine Drehung des Körpers in den Talocruralgelenken um die Füsse nach vorn. Wir können uns also alle Gelenke unseres Leibes, wenigstens so weit sie vertical übereinander befindliche Körpertheile verbinden, schematisch so vorstellen (s. d. Fig.): Ein Stab, ‚*A*' ist durch ein Charniergelenk mit einem Stabe „*B*" verbunden. Des letzteren Schwerpunkt Σ liegt so, dass die Schwerlinie *S* „*A*" nicht schneidet und also *B* um die Axe des Charniergelenkes in der Richtung des Pfeiles α zu drehen sucht. Dieser Kraft hält nun der Muskelzug *M* die Balance; — dass die Ligamente nicht allein dazu im Stande sind, sondern nur als Hülfsapparate fungiren, beweist die einfache Thatsache, dass jeder ohnmächtig Werdende oder Narkotisirte, auf die Füsse gestellt, einfach zusammenbricht, trotzdem doch Beschaffenheit und Lage der ligamentösen Apparate sich nicht geändert hat. — Kraft *M* ist also genau gleich *S*. Nun haben wir gesehen, dass wenn *A* zu fallen beginnt,

B nach dem Trägheitsprincip noch einen Moment in Ruhe bleibt. Die Wirkung der Schwerkraft wird also für die Dauer dieses Mo-



Figur 5.

mentes von der Trägheit vernichtet, die Muskelkraft *M* ist nicht mehr compensirt und übt daher auf ‚*B*' ein Drehungsmoment aus von entgegengesetzter Richtung wie vorher S, also in der Richtung β. Dadurch werden die Antagonisten der Muskeln *M* gedehnt. Es entsteht die Bewegungsvorstellung des Sinkens; gleichzeitig reflectorische Contraction der Gedehnten auf ihre alte Länge und damit Compensation der Drehung des Körpers durch die Muskeln *M*.

Beim freien Fall hören also die Muskeln auf, die Schwere zu compensiren. Wenn wirklich in der angegebenen Weise die Verminderung des Körpergewichtes gefühlt wird, so muss dies Gefühl besonders stark in den tiefsten Theilen des Körpers auftreten, weil die dortigen Muskeln das ganze Körpergewicht tragen müssen, während der Widerstand, den die Schwere z. B. den Halsmuskeln bietet, nur gleich dem, um ein beträchtliches geringeren, Gewicht des Kopfes ist. Mach schreibt (l. c. Seite 32) von der Empfindung der Beschleunigung bei Verticalbewegungen: „Man hat die Empfindung der Beschleunigung auch im Kopfe, doch schien es mir bei diesen Versuchen mehr wie bei den vorigen, dass man die Empfindung im ganzen Körper (!) habe (trotzdem sollen nur die Bogengänge afficirt werden! Anm. d. Verf.) und zwar in den tiefsten Theilen am meisten."

Wird die Fallgeschwindigkeit nach einigen Augenblicken constant, so tritt der alte Druck der Theile aufeinander wieder ein und zwar von unten nach oben von Gelenk zu Gelenk fortschreitend. Dies ist ein weiteres Moment, das stets beim Sinken

mit constanter Geschwindigkeit auftritt und also ein weiteres Glied in der Kette der Merkmale des Fallens abgiebt. Alsbald sind die Muskeln wieder in derselben Verfassung, wie bei der Ruhe in verticaler Lage; wir haben jetzt keinen Index mehr für unsere Bewegung ausser der Erinnerung und dem Bewusstsein, die Erscheinungen, wie sie beim Anhalten der Fallbewegung auftreten, noch nicht erlebt zu haben. Wir empfinden also den Fall nicht mehr — es sei denn, dass er wieder beschleunigt werde, wo dann die Trägheit sich wieder geltend macht —; und der Phantasie sind Thür und Thor geöffnet: manche meinen während des Fallens zu steigen und umgekehrt.

Beim Aufhören der Bewegung kommt zuerst die Unterlage in Ruhe. Die Füsse des auf ihr Stehenden streben aber der Trägheit zufolge noch weiter abwärts, und da ihr Druck auf die Unterlage, wie wir sahen, während des constanten Falles, gleichwie in der Ruhe, äqual dem Gewicht des Körpers ist, so wird er also jetzt durch die hinzukommende Trägheit grösser, die Fusssohlen mithin stärker auf die Basis des Vehikels aufgepresst. Diese Thatsache wird höchstwahrscheinlich mit benutzt, die Arretirung der Fallbewegung zu percipiren, dass sie nicht allein genügt, hat Mach gezeigt (l. c. pag. 67). Den Ausschlag giebt vielmehr der Umstand, dass der geschilderte Vorgang in jedem Gelenk der Reihe nach von unten nach oben sich wiederholt, dass so überall die Schwerkraft S, um auf die letzte Figur noch einmal zurückzugreifen, verstärkt wird und B daher ein grösseres Drehungsmoment in der Richtung α erhält, als im Falle mit constanter Geschwindigkeit oder im Ruhezustand. Dadurch werden die auf den Widerstandszuwachs nicht vorbereiteten Muskeln M gedehnt; sie contrahiren sich auf ihre alte Länge zurück, vernichten damit das vergrösserte Drehungsmoment und schicken gleichzeitig den Anstoss zur Vorstellung vom Aufhören des Fallens ins Centralorgan. Dass übrigens auch der verstärkte Druck der Gelenkflächen auf einander, der unter diesen Umständen nothwendiger Weise statthat, Anlass zu der in Rede stehenden Vorstellung werden kann, braucht wohl kaum wieder erwähnt zu werden.

Im Capitel über progressive Bewegungen wurde festgestellt, dass es durch Muskelaffection allein ebenso wenig wie mit Hülfe der Bogengänge zu entscheiden ist, ob eine geradlinige Bewegung bloss aufhört oder direct in die zugehörige Rückwärtsbewegung

übergeht. Dasselbe gilt hier. Es ist auch hier an und für sich nicht zu bestimmen, ob die Unterlage, einmal aufgehalten, in Ruhe bleibt oder momentan wieder zu steigen beginnt, und wir bedienen uns hierzu auch bei verticalen Progressionsbewegungen der oben angeführten Hülfsmittel. Im Beginn des constanten Aufsteigens, und dauernd beim gleichförmig beschleunigten, wird durch die nach unten gerichtete Trägheit ebenfalls das Gewicht aller Körpertheile vergrössert und die die Schwere compensirenden Muskeln in der bekannten Weise afficirt; während des Steigens mit constanter Geschwindigkeit ist die Schwerkraft in Ermangelung des Trägheitszuwachses — alle Theile haben dann gleiche Geschwindigkeit — so gross wie in der Ruhe: wir werden uns daher des Steigens nicht bewusst; und beim Aufhören der Aufwärtsbewegung treten dann wieder dieselben Erscheinungen auf, wie im Beginn des Falls, wie dem Leser nunmehr ohne weitschweifige Erläuterungen verständlich sein wird.

Mach, der sich bemüht hat, zu beweisen, dass die Muskeln unmöglich Bewegungsvorstellungen auszulösen vermöchten, macht folgenden Schluss. Wenn das Schwererwerden des Körpers beim Steigen zur Perception dieser Bewegung benutzt wird, so muss auch die Empfindung des Aufsteigens eintreten, wenn man den Körper belastet, also sein Gewicht vermehrt; das Gefühl des Sinkens aber, wenn man dies Gewicht allmählich wieder abnehmen lässt. Er hat den betreffenden Versuch gemacht und ein negatives Resultat erhalten; woraus er dann folgert, dass eben Muskeln und Bewegungsempfindungen nichts mit einander zu thun haben. Allein es ist dabei nicht beachtet worden, dass das Auflegen und Entfernen einer zu tragenden Last und die Vermehrung resp. Verminderung der Wirkung der Erdanziehung durch die Trägheit völlig von einander verschiedene Wirkungen auf unseren Körper ausüben, und es beweist doch entschieden nichts gegen die Betheiligung des Muskelsinns an der Genese der Bewegungsempfindungen, wenn solche unter verschiedenen Umständen nicht in gleicher Weise eintreten.

Die totale Contractionsgrösse „C" der gesammten Skelettmuskulatur, welche zur Compensation der Schwere in normaler Ruhehaltung ohne Belastung erforderlich ist, sei $C = a$. Dann ist beim freien Fall, wo das Gewicht des Körpers also abnimmt, $C < a$. Belastet man nun bei normaler Ruhehaltung die Schultern, so

pflanzt sich allerdings der Druck durch die Wirbelsäule nach unten fort, und die Muskeln haben zur Compensation der Schwere mehr Kraft aufzuwenden. Es ist dann $C = a + b$. Entfernt man aber die Last allmählich, so sinkt C von $a + b$ auf a, wird aber nicht $< a$. Da aber gerade dies letztere characteristisch für das Fallen ist, so ist es nur natürlich, wenn eine Fallempfindung nicht eintritt, sobald diese Bedingung nicht erfüllt ist. Beim Mach'schen Experiment ist sie nicht erfüllt.

Beim passiven Steigen schreitet die Gewichtsvermehrung ruckweise von unten nach oben fort, und so lange es ein beschleunigtes ist, folgt so ununterbrochen Stoss auf Stoss. Belastet man die Schultern, so findet eine einmalige von oben nach unten vorrückende Zusammenpressung des Körpers statt. In ähnlichem Verhältniss stehen übrigens auch Fallen und Entlastung.

Man kann also aus all diesen Gründen schlechterdings nicht verlangen, dass man beim Abfliessen des Wassers aus den Eimern, die mittelst einer Querleiste auf den Schultern ruhen (l. c. pag. 72 Versuch 6), die Empfindung zu fallen habe. Beschwert man aber die Schultern, so erfahren dabei die Muskeln, welche diese in ihrer normalen Lage an Kopf und Rumpf fixiren — tragen, vermehrten Widerstand, werden also stärker contrahirt. Sowie derselbe durch den Wasserabfluss geringer wird, heben sich dann Schultern und Arme genau wie beim Quecksilberversuch. Ferner erfolgt sicherlich eine Streckung der Wirbelsäule, da man bekanntlich bei jeder einigermaassen fühlbaren Belastung des Rumpfes diesen nach vorn neigt und sich ein wenig zusammenkauert — kurz wir machen die Bewegung, wie sie auf das militärische Commando „Richtet Euch" erfolgt. Durch die Antagonistendehnung wird sie mit der nun oft genug besprochenen Schärfe percipirt und ins Cerebrum signalisirt. Ausserdem nimmt der Druck der Füsse auf die Unterlage mit dem Verschwinden der Last ab, wie dies immer auch geschieht, wenn wir etwa beim Aufzug am Reck oder sonst wie den Körper vom Boden erheben. Mithin stimmt es aufs Beste mit unserer Muskeltheorie, wenn man sich bei dem Entlastungsversuch zu strecken und zu erheben statt zu fallen meint.

Wir betrachten nun:

III.

Kreisförmige Bewegungen in horizontaler Ebene, in der bisher ausschliesslich Rotationsversuche angestellt wurden.

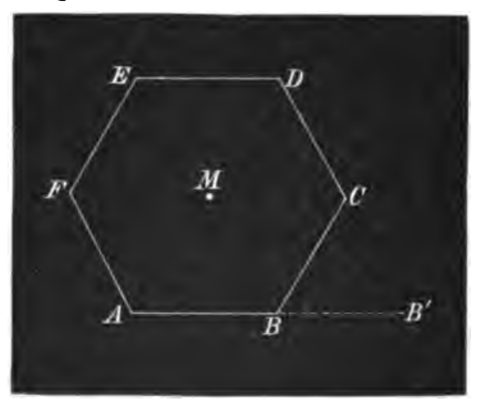
Bei den früheren Betrachtungen hatten wir folgende Kräfte, die auf den Körper wirkten. Einmal die Schwere; dann eine Momentankraft, die durch einen einmaligen Stoss den Körper in Bewegung versetzt; das Bestreben des Körpers entgegen dieser Kraft in Ruhe zu bleiben, seine Ruheträgheit — wenn mir dieser kürzende Ausdruck gestattet ist —; dann eine Kraft, die die Geschwindigkeit der Bewegung constant erhält, d. h. die Reibung und den Luftwiderstand fortwährend überwindet, und endlich die Bewegungsträgheit des Körpers, seine Neigung, die einmal erhaltene Bewegung nach Richtung und Geschwindigkeit beizubehalten.

Im Gegensatz zur geradlinigen Progressivbewegung bekommt dies letztere Bestreben, die alte Richtung zu behalten, bei der rotatorischen als Centrifugalkraft grosse Bedeutung. Ich werde zu zeigen versuchen, dass diese Kraft in letzter Instanz die Ursache aller Zwangsbewegungen und der infolge von Rotationen auftretenden subjectiven Schwindelerscheinungen ist. Beide sind um so heftiger, je rascher die Rotation, das zeigen die Thierversuche, und je kleiner der Radius, wie jeder leicht an sich selbst erproben kann, indem er sich einmal wiederholt um seine Längsaxe auf den Absätzen herumdreht und dann mit gleicher Geschwindigkeit um einen Tisch oder Stuhl als Centrum einen grösseren Kreis abläuft. Bei einer progressiven Bewegung fehlen diese Erscheinungen gänzlich, weil eben auch die Centrifugalkraft nicht auftritt. Mir ist wenigstens nicht bekannt, dass man beim Fahren per Wagen oder Eisenbahn, beim Aufsteigen im Luftballon oder während der Einfahrt in ein Bergwerk einen Anfall von Dreh- und Gesichtsschwindel bekäme.

Wenn man übrigens die Centrifugalkraft für die Zwangsbewegungen verantwortlich macht, so ergiebt sich schon aus der Formel derselben: $C = m \cdot \frac{v^2}{r} = \frac{4\,\pi^2 r\,m}{T^2}$, worin m die Masse des rotirten Körpers, r der Radius, v die Geschwindigkeit, T die Umlaufszeit sein soll, dass jene Erscheinungen bei gleicher Geschwindigkeit mit dem wachsenden Radius ab-, mit steigender Geschwindigkeit auf derselben Peripherie zunehmen und bei geradlinigen Bewegungen ganz ausbleiben, da in diesem Falle $r = \infty$ wird.

Dass diese Consequenzen meiner Auffassung von der Entstehung der Zwangsbewegungen sich experimentell so vollständig bewahrheiten, dürfte ihre Richtigkeit befürworten.

Um nun die Erscheinungen, die bei der Kreisbewegung auftreten, gut übersehen zu können, dürfte es gerathen sein, den Kreis als ein ebenes reguläres Polygon von unendlich vielen unendlich kleinen Seiten anzusehen. Wir wollen uns also vorstellen, das Versuchsthier befände sich auf einem kleinen Wagen etwa und dieser solle sich um den Punkt M auf den Seiten des Polygons $ABCDEF$ bewegen. Er befinde sich zunächst in A in Ruhe.



Figur 6.

Nun wird er durch den Stoss einer Momentankraft plötzlich in eine Bewegung von gewisser Geschwindigkeit versetzt, und diese constant erhalten. Es tritt die Ruheträgheit auf, afficirt in bekannter Weise die Muskeln und verursacht die Vorstellung, dass eine Bewegung beginne und zwar eine geradlinige, die ja auch thatsächlich statthat. Sowie der Wagen in B angekommen, verlässt er plötzlich die bisherige Richtung AB, um in der Richtung BC weiter zu fahren. Nach seiner Bewegungsträgheit strebt nun das Thier in der alten Richtung weiter, auf B' zu (das heisst auf den Kreis bezogen in tangentialer Richtung), jedenfalls also vom Centrum weg, da jeder Punkt der Geraden BB' weiter von M entfernt ist, als jeder Punkt auf BC. Je nachdem nun dieses Bestreben — eben die Centrifugalkraft — grösser oder geringer ist als Reibung plus Schwere, welche das fahrende Individuum auf der Unterlage festhalten, wird letzteres in den Raum hinausgeschleudert werden oder mit dem Wagen die Centralbewegung mitmachen. Dasselbe Spiel wiederholt sich an jeder Knickung des Weges in C, D, E, F und so fort. Die Centrifugalkraft, ihrem Wesen nach absolut identisch mit der Ruheträgheit im Beginn einer Progressivbewegung, übt auf den Körper auch genau die

Wirkungen aus wie jene. Sie greift in allen Massentheilchen an, gewinnt mit der Höhe des sich bewegenden Gegenstandes an Effect, sucht ihn also nicht bloss abzuschleudern, sondern zugleich seine verticale Axe nach Aussen zu neigen, und muss daher auch eine Dehnung derjenigen Muskeln herbeiführen, die bei activer Contraction dem Körper eine Neigung auf das Centrum des Polygons zu ertheilen würden. Hier wie dort wird sich daran eine Bewegungsempfindung knüpfen, nämlich die, von Zeit zu Zeit die gerade Linie zu verlassen, also sich im Polygon um ein Centrum zu bewegen. Hier wie dort wird eine reflectorische Contraction der gedehnten Muskeln die Wirkung der Centrifugalkraft sofort annulliren.

Geht nun das Polygon in einen Kreis über, so tritt schon zugleich mit dem Beginn der Bewegung die Centrifugalkraft auf. Die Ruheträgheit bei passiven Bewegungen liefert für gewöhnlich, wie wir gesehen haben, eine aus drei Theilen bestehende Bewegungsvorstellung: erstens, dass überhaupt eine Bewegung beginnt; zweitens, in welcher Richtung; drittens, dass sie geradlinig ist. Diese letzte Componente wird durch die Centrifugalkraft — man könnte auch Richtungsträgheit sagen — aufgehoben und durch die Empfindung, sich fortwährend wieder einem Centrum zu nähern, also um dasselbe eine Kreisbahn zu verfolgen, ersetzt.

Die Ruheträgheit verschwindet natürlich auch bei der Rotation bald, indem alle Theile gleiche Geschwindigkeit annehmen. Die Centrifugalkraft aber bleibt, so lange die Bewegung dauert, bestehen und zwar ununterbrochen. Während also bei der polygonalen Bewegung die Muskeln, die, bei jeder Knickung gedehnt, durch Recontraction die Dehnung compensirten, immer wieder erschlafften, sobald die Bewegung wieder geradlinig ward, bleiben sie bei der Kreisbewegung dauernd gedehnt. Wird diese positiv oder negativ beschleunigt, so tritt gemäss dem Zuwachs oder der Abnahme der Centrifugalkraft eine Verstärkung oder Verminderung der Contraction ein, daneben natürlich eine Auffrischung des Bewegungsgefühls; bleibt die Geschwindigkeit constant, so wird sie vergessen, weil eben die im Anfang auftretende passive Dehnung, die Empfindungsursache, sogleich von den centralwärts wirkenden Muskeln vernichtet wird und vernichtet bleibt, solange Muskelzug und Centrifugalkraft sich gerade die Waage halten.

Wiederum sind es also Aenderungen im Spannungszustande

von Muskeln, die uns Aufschluss darüber geben, dass eine und zwar eine centrale Bewegung eingeleitet wird, die uns anzeigen, wann deren Geschwindigkeit sich vergrössert, wann sie abnimmt. Aus derselben Ursache erklären sich nun auch die interessanten Erscheinungen, die auftreten, wenn die Centralbewegung aufhört.

Da die Centrifugalkraft nichts ist, als der Widerstand des Körpers gegen den Zwang, statt immer in gerader Linie weiter zu fliegen, jeden Augenblick seine Richtung zu ändern, einen Zwang, den seine Adhäsion an der Drehscheibe ihm auferlegt, so muss sie natürlich in genau demselben Momente aufhören, wo dieser erlischt, nämlich sobald der Rotationsapparat arretirt wird. Damit wird dann den sie compensirenden Muskeln der Widerstand entzogen und dieselben neigen nun den Körper mit dem Kopf nach dem Centrum zu.

Dass die die Wirkung der Schwungkraft annullirenden Muskeln auf den Körper wirklich diese Wirkung haben, kann man nun sehr schön auf folgende Weise an Fischen demonstriren. Man nimmt eine kleine, oblonge, oben offene Pappschachtel und macht sie mittelst einer Schraube *A* auf einer horizontalen durch Schnurlauf und Kurbel drehbaren Holzscheibe fest. Dann legt man gegen eine der Wände den Fisch fest an, etwa wie den oberen Pfeil in untenstehender Figur. Ich habe dazu Goldfische benutzt und die



Figur 7.

Schachtel von solcher Grösse gewählt, dass Fisch und Wand ziemlich gleiche Länge hatten, damit jedes Schleudern möglichst vermieden werde. Man drehe nicht zu rasch und zu lange, sonst wird das Thier zu sehr erschöpft und gequetscht. Wird sehr plötzlich angehalten, so zeigt der Fisch constant eine starke nach dem Centrum concave Krümmung, wie der untere Pfeil an-

deuten möge, welche ihm die centripetalen Muskeln ertheilen. An Salamandern kann man übrigens dasselbe wahrnehmen.

Durch solche Thätigkeit der genannten Muskeln nun werden deren Antagonisten, die also bei einer Contraction die Wirkung der Centrifugalkraft unterstützt haben würden, mehr gedehnt als vorhin. Dadurch entsteht beim Menschen die Empfindung, dass der Körper sich dem Centrum zuneigt. Nun haben wir gesehen, dass wenn infolge des Trägheitsgesetzes ein in A befindlicher menschlicher Körper sich nach B hin neigt, sofort an diese Wahrnehmung mit zwingender Nothwendigkeit der Schluss geknüpft wird, es beginne eine Bewegung in der Richtung BA, weil unzählige Erfahrungen das ausnahmslose Zusammentreffen beider Thatsachen gelehrt haben. Wird man also nicht meinen müssen, vom Centrum wegzufliegen? Nein! Unendlich oft haben wir den Körper durch active Muskelzusammenziehung nach vorn oder nach einer Seite geneigt, z. B. nach links, wenn wir mit dem rechten Arm eine schwere Last trugen, oder sonst Bewegungen nach einer Richtung gemacht, ohne dass sich daran eine Locomotion in der entgegengesetzten angeschlossen hätte; und da nun auch in unserem Falle lediglich eine Contraction unserer eigenen Muskulatur dem Körper die Inclination nach dem Centrum ertheilt, so wird es auch hier bei der einfachen Wahrnehmung dieser Bewegung bleiben und sich die Vorstellung einer Bewegung vom Centrum weg nicht hinzu gesellen. Mach bestätigt dies experimentell (l. c. pag. 71 u. 72): Ertheilt man nämlich dem Körper ein Drehungsmoment nach rechts durch über Rollen gehende Wassereimer, so wird dieses durch Muskelzug compensirt. Läuft das Wasser aus, so vermindert sich rasch der Widerstand, der Körper wird von den Compensatoren nach links gezogen, deren Antagonisten also gedehnt. Daran knüpft sich aber nicht die Vorstellung von einer beginnenden Locomotion nach rechts, wie dies der Fall sein würde, wenn die Trägheit, die im Beginn einer solchen auftritt und auch nach links wirkt, die Ursache der Antagonistendehnung gewesen wäre. Es ist anzunehmen, dass Muskeldehnung durch Muskelzug und Muskeldehnung durch Trägheitszug derartig von einander unterscheidbar sind, dass ein genaues Auseinanderhalten der beiden für das Sensorium möglich ist. Nun zurück zu unserer Centralbewegung.

Die Geschwindigkeitsträgheit hört im Gegensatz zur Richtungs-

trägheit nicht momentan mit der Rotation auf. Alsbald fliegt vielmehr der Körper in tangentialer Richtung weiter, oder neigt sich wenigstens in dieser Richtung, wenn Gewicht und Reibung zwar gross genug sind, ihn auf der Scheibe zu fixiren, aber nicht gross genug, ihn ganz in seiner alten Stellung festzuhalten. Dies kann nun, wie früher besprochen wurde, Anlass zu zwei Bewegungsvorstellungen geben: nämlich entweder zu der, es höre plötzlich die bisherige Bewegung auf, oder zu der, dass plötzlich eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung begönne. Das Aufhören der passiven Bewegung wird aber dadurch erheblich in seiner Wahrscheinlichkeit für die subjective Vorstellung beeinträchtigt, dass ja noch eine andere Bewegung des Körpers, die nach dem Centrum hin, welche der Muskelzug verursacht, vorhanden ist, und so wird denn der zweiten Möglichkeit der Vorzug gegeben. Wir meinen in der Richtung rückwärts eine Bewegung zu beginnen.

Wir haben mithin nach Aufhören der Rotation das Gefühl, eine Progressivbewegung vom entgegengesetzten Sinne zu beginnen und empfinden zugleich einen fortwährenden Zug nach dem Centrum. Beides combinirt sich, wie früher besprochen wurde, für die Vorstellung zum Bilde einer centralen Bewegung: es entseht das Gefühl der Gegendrehung!

Nun zur Erklärung der Zwangsbewegungen. Man lasse ein Thier rotiren: den Kopf voran, den Körper in der Peripherie. Es befinde sich dabei in einem Kasten, und dieser sei so gross, dass das Thier sich frei darin zu bewegen und herumzulaufen vermag. Hält man plötzlich an, so kommen die Füsse des Thieres zugleich mit dem Kastenboden in Ruhe, der Oberkörper fliegt weiter, das Thier befindet sich also im Zustand des Vornüberfallens. Genau so verhält es sich aber, wenn es zu laufen beginnt; denn Gehen und Laufen ist ja auch nichts anderes als ein Fallen des Oberkörpers nach vorn, verhindert durch das abwechselnde Unterschieben der Füsse. Da nun doch wohl jedes Thier einen grossen Theil seines Lebens mit Laufen resp. Gehen ausgefüllt hat, und dabei immer auf das Vorfallen des Oberkörpers das Untersetzen der Füsse gefolgt ist, so erfolgt auch in unserem Falle, reflectorisch oder instinktmässig, wie man es nun nennen will, jedenfalls ohne das Zwischenglied eines seelischen Vorganges das Untersetzen der Füsse: das Thier beginnt zu laufen. Die gerade Richtung aber, die ihm die Trägheit ertheilt, wird durch den Muskel-

zug nach dem Centrum hin zur kreisförmigen. Dies die Ursache der Manègebewegung.

Wenn ein Mensch von einem rasch fahrenden Wagen, z. B. einer Pferdebahn abspringt, macht er meist einige Laufsprünge. Dass man dies nicht thut, um einer scheinbaren Gegenbewegung zu entgehen, kann jeder leicht an sich selbst konstatiren. Ebenso wenig hat die scheinbare Gegendrehung etwas mit den Zwangsbewegungen zu thun. Eine andere Stellung des Thieres auf der Scheibe ändert an der Erscheinung wie an ihrer Erklärung nicht das mindeste; war der Kopf etwa dem Centrum zugewandt und der Körper in einem Radius aufgestellt, so veranlasst nach dem Anhalten die Bewegungsträgheit das Thier zu Seitensprüngen. Bei vollkommen correcten Seitensprüngen müsste das Thier eigentlich seine Längsaxe immer parallel verschieben; da aber das Hintertheil, als weiter weg vom Centrum gelegen, durch die Rotation eine grössere Geschwindigkeit erlangt hat als der Kopf, so ist es diesem auch beim Weiterfliegen infolge der Trägheit immer etwas voran. Dieser Umstand und der centripetale Muskelzug, der gewissermaassen jedem Seitensprung noch einen Satz vorwärts, also aufs Centrum los, hinzufügt, machen eben aus den Seitensprüngen die Uhrzeigerbewegung.

Die Zahl der Axen, um die man das Thier drehen könnte, ist Legion, namentlich mit Berücksichtigung der verschiedenen Stellungen des Thieres, die bei der Rotation um eine und dieselbe Axe noch wieder möglich sind z. B.:

A. Drehung um die Längsaxe.

Kopf oben		Kopf unten	
wie d. Uhrzeiger.	gegen d. Uhrzeiger.	wie d. Uhrzeiger.	gegen d. Uhrzeiger.

B. Drehung um eine der Längsaxe parallele Axe.

Kopf oben								Kopf unten							
Rücken nach dem Centrum gewandt		Brust nach dem Centrum gewandt		rechte Seite nach dem Centrum gewandt		linke Seite nach dem Centrum gewandt		Rücken nach dem Centrum gewandt		Brust nach dem Centrum gewandt		rechte Seite nach dem Centrum gewandt		linke Seite nach dem Centrum gewandt	
wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.	wie d. Uhrz.	gegen d. Uhrz.

u. s. f.

Es wäre ein Ding der Unmöglichkeit, alle Variationen durchzuprüfen und auch ziemlich überflüssig; bei allen Arten der Rotation treten dieselben beiden Factoren auf, Bewegungsträgheit und Muskelzug nach dem Centrum und die einfachste Logik gebietet die Annahme, dass der Effect, wenigstens in der Hauptsache, auch derselbe sein muss: active Fortsetzung der passiven Rotation in derselben Richtung. Wir wollen uns hier mit dem Gesagten begnügen. Am schönsten fallen die Zwangsbewegungen aus, wenn man die Thiere in einen grossen Kasten, wo sie genug Spielraum für active Bewegungen haben, bringt, oder die Schwungkraft sie direct auf den Boden schleudert. Lässt man den Apparat langsam zum Stillstand kommen, oder verbraucht man lange Zeit, um das Thier herauszunehmen und auf die Erde zu setzen, oder war die Rotation sehr langsam, so kommen die Zwangsbewegungen nicht mehr rein zum Ausdruck, weil dabei die Geschwindigkeitsträgheit theils keine genügende Grösse erreicht, theils schon zu sehr abgenommen hat — was bekanntlich sehr rasch geschieht — wenn das Thier zur Production der Zwangsbewegungen kommt. Man bekommt dann nur Taumelbewegungen zu sehen als Ausdruck des durch die abnormen Spannungsverhältnisse der Muskulatur alterirten Bestrebens, den Usustatus wiederzuerlangen.

Die genannten Umstände sind auch einer deutlich sichtbaren Action des centralen Muskelzuges äusserst hinderlich. Denn sowie durch ihn die Antagonisten gespannt werden, contrahiren sie sich und compensiren dadurch wieder ersteren von Augenblick zu Augenblick mehr, sodass also auch diese zweite Ursache der Zwangsbewegungen mehr oder weniger in Wegfall gekommen ist, wenn die Zwangsdrehungen beginnen.

Hier scheint sich eine Schwierigkeit zu erheben. Wie reimt sich das rasche Verschwinden der Geschwindigkeitsträgheit und die rasche Vernichtung des centripetalen Muskelzuges durch die Antagonistencontraction mit der Thatsache zusammen, dass die Thiere bisweilen 10 bis 12 Umdrehungen machen, was doch sicher viel mehr Zeit in Anspruch nimmt, als die Dauer der Trägheit und asymmetrischen Muskelcontraction? Nun sehr einfach. Dadurch, dass das Thier sich activ bewegt, tritt ja wieder Bewegungsträgheit auf; und weil die Bewegung eine centrale ist, auch wieder Centrifugalkraft und durch sie secundär der centripetale Muskelzug. Indem Reibung, Luftwiderstand und Ermüdung die Bewegung des

Thieres ganz allmählich langsamer werden lassen, nehmen Geschwindigkeitsträgheit und Centrifugalkraft ebenfalls ganz allmählich ab und damit auch deren Wirkung, eben die Zwangsbewegung; bis dann endlich wieder völlige Ruhe auf die stürmischen Rotationen folgt.

Mach sagt (l. c. pag. 26.): „Merkwürdig ist beim raschen Anhalten des Apparates noch das Gefühl, als ob die Gegendrehung mit einem gewissen Widerstande ausgeführt würde. Man meint sich namentlich mit dem Kopfe wie in einem zähen Brei zu bewegen.“ Vergebens habe ich in seiner Abhandlung nach einer Erklärung dieser Thatsache gesucht. In der That lässt sie sich auch schwerlich mit den Bogengängen in Zusammenhang bringen. Nach obigen Betrachtungen erklärt sie sich aber leicht und erscheint auch gar nicht so merkwürdig. Sobald die Centrifugalkraft nicht mehr wirkt und ihre Compensatoren den Körper nach dem Centrum ziehen, beginnen, wie gesagt, reflectorisch die über ihre gewöhnliche Länge gedehnten Antagonisten sich zu contrahiren, üben also einen Zug auf den Körper vom Centrum weg aus und erschweren dadurch den centripetalen Muskeln ihre Arbeit, setzen ihnen Widerstand entgegen. der um so deutlicher fühlbar ist, als er schnell wächst. Am Kopf ist er natürlich am auffallendsten, weil dieser Körpertheil für gewöhnlich von allen der am leichtesten und freiesten bewegliche ist, ganz abgesehen davon, dass die ihn fixirenden und bewegenden Muskeln besonders ausgebildete Empfindlichkeit für Widerstandsdifferenzen besitzen müssen, da sie unstreitig am öftesten von allen Muskeln in Thätigkeit gesetzt werden.

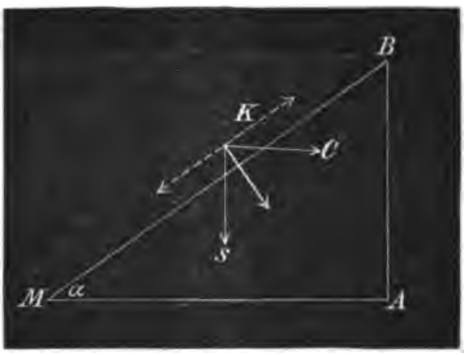
Auch dass während der passiven Rotation eine Reihe activer Bewegungen sehr erschwert, ja unmöglich werden (Delage, Mach S. 34 Versuch 4), findet jetzt eine einfache Erklärung. Will man beispielsweise vor der Rotation den Kopf auf die rechte Seite neigen, so contrahirt man einfach die dortigen Halsmuskeln und der Kopf folgt sofort ihrem Zuge direct nach rechts. Während der Drehung aber herrscht zugleich ein starker Muskelzug nach dem Centrum hin vor. Der Kopf muss sich also nach dem Parallelogramm der Kräfte statt rein seitwärts in der Richtung der Resultirenden aus centralem und Seitwärtszug bewegen; die reine Seitwärtsbewegung wird also unmöglich oder gelingt doch nur mühsam unter Zuhülfenahme weiterer dem centralen Zug wieder entgegenwirkender Muskelmassen.

Dass endlich das Gefühl der Gegendrehung sogleich mit der Wiederaufnahme der vorigen Rotation erlischt oder, allgemein gesprochen, die scheinbare Bewegung durch eine wirkliche in entgegengesetzter Richtung compensirt werden kann, wird leicht verständlich, wenn man bedenkt, dass bei dem Wiedererscheinen der Centrifugalkraft sich der centrale Muskelzug gewissermaassen wieder gegen diese wendet, keine Antagonistendehnung mehr auslöst, und dass damit die eine Ursache der Gegendrehungsvorstellung wegfällt. Die zweite war das Bestreben des Körpers unter Fixirung der Füsse in der Tangente der Drehrichtung vorwärts zu fallen. So wie die Rotation wieder beginnt, werden die Füsse — denen sich, wie oben erläutert, jede Bewegung zuerst mittheilt, um dann erst aufwärts fortzuschreiten — wieder dem vorangeeilten Kopfe untergeschoben, gerade wie man beim Balanciren eines Stockes auf der Fingerspitze diese, wenn jener sich zum Falle nach einer Seite überneigt, nach derselben Richtung vorschiebt. Wie der Stock dadurch wieder in eine verticale Lage kommt, so hier der rotirende Körper; damit ist dann auch das zweite Moment zur Entstehung des Gefühls der Gegendrehung beseitigt, die scheinbare Gegendrehung hört also auf.

Indem ich recapitulirend noch einmal betone, dass die subjectiven Rotationsvorstellungen und die objectiven Zwangsdrehungen nicht, wie die Anhänger der Bogengänge es wollen, im Verhältniss von Ursache und Wirkung stehen, verknüpft durch einen hypothetischen Seelenvorgang, sondern lediglich verschiedene Wirkungen einer und derselben Ursache, der Centrifugalkraft, sind, glaube ich nunmehr dem Leser die Beantwortung der Frage schuldig zu sein, ob man nicht durch Ausschaltung der letzteren während der Rotation auch diese Erscheinungen ausbleiben machen könne.

Ich habe daran gedacht, die Versuchsthiere in einem Kasten auf eine schiefe Ebene zu setzen, mit der Elevation nach aussen. M sei die Axe, um welche die Scheibe MA sich dreht; MB die schiefe Ebene mit dem Elevationswinkel α, den man beliebig variiren kann, K das Thier. Bei der Rotation wirken im Schwerpunkt des Thieres angreifend die Centrifugalkraft $C \perp AB$, die Schwere $S \perp MA$. Beide liefern je eine Componente $\perp MB$ und je eine $\parallel MB$. Von letzteren treibt die centrifugale Componente das Thier die schiefe Ebene aufwärts, die der Schwere abwärts. Nun braucht man nur dem Apparate eine solche Drehungsgeschwin-

digkeit zu geben, dass das Thier weder abwärts noch aufwärts bewegt wird, dies ist dann ein Index dafür, dass die beiden Kräfte



Figur 8.

parallel der schiefen Ebene gleich gross sind, sich also aufheben. Das Thier erfährt mithin bloss noch eine, von der in der Ruhe vor der Rotation verschiedene, Anziehung senkrecht gegen seine Unterlage, woraus für den Menschen die Vorstellung einer Bewegung in verticaler Linie resultiren würde. Ein Muskelzug gegen das Centrum kann aber nicht zu Stande kommen, also auch keine Zwangsbewegung nach Aufhören der Drehung; natürlich immer deren gleichmässige Geschwindigkeit vorausgesetzt. Denn mit wachsender Geschwindigkeit würde auch die centrifugale Componente wachsen, das Thier die Ebene hinaufgezogen werden und hierbei der centripetale Muskelzug sich einstellen, mithin später auch active Rotationserscheinungen. Bei abnehmender Geschwindigkeit würde statt der Schwungkraft die Schwere auf das Thier Einfluss bekommen, und ebenfalls eine compensirende Muskelcontraction hervorrufen, und zwar eine dem Centrum M abgewandte. Auch hier müssen also nach dem oben Gesagten Zwangsbewegungen eintreten, freilich nicht um das Centrum M, sondern — wenn das Thier beim Anhalten sich etwa im Punke A befände — um ein jenseits A auf der Linie MA gelegenes (vgl. die Fig. 9), da ja der compensatorische Muskelzug in diesem Falle den Körper von M wegzieht. War also die Rotation um M in der Richtung a gegangen, so geschieht die Zwangsbewegung auf dem Kreise M' in der Richtung b; das Gefühl einer Gegendrehung würde die Richtung c zum Gegenstande haben.

Sehr viel praktischer und bequemer ist folgende Einrichtung. Eine um ihre Längsaxe drehbare Stange AB trägt bei B die recht-

winklige Fortsetzung BC. In C befindet sich ein Haken, an dem die Wagschale D hängt. Setzt man auf D ein Thier und lässt



Figur 9.



Figur 10.

den sehr einfachen Apparat um AB rotiren, so entfernt sich alsbald die Wagschale von AB und nimmt eine geneigte Lage gegen die horizontale Ebene ein, mit der Elevation vom Centrum weg. Während bei der vorigen Anordnung zu jeder bestimmten Höhe, in der sich das Thier auf der schiefen Ebene befand, eine ganz bestimmte Drehungsgeschwindigkeit gewählt werden muss, um die Centrifugalkraft durch die Schwere gerade zu compensiren, kann man hier mit jeder Geschwindigkeit arbeiten, denn mit der Centrifugalkraft wächst auch der Neigungswinkel der Schale und damit auch die ihr parallele Schwerkraftscomponente. so dass diese bei jeder beliebigen Geschwindigkeit, wenn dieselbe nur constant ist, die centrifugale Componente genau aufhebt. Dies lässt sich leicht durch Rechnung zeigen, geht aber auch schon daraus hervor, dass bei jeder constanten Geschwindigkeit die Schale wie jeder andere ebenso suspendirte und rotirte Körper immer gleiche Entfernung vom Centrum behält; überwöge eine der Componenten, so müsste die Schale sich AB nähern oder sich davon entfernen. Von einer Reibung als Fehlerquelle, wie sie bei der schiefen Ebene der Kasten eingeführt hätte, ist hier keine Rede; der Schale steht nur der minimale Luftwiderstand entgegen: sie folgt mit spielender Leichtigkeit dem geringsten Ueberwiegen der Schwere oder der Centrifugalkraft. Will man die vorhin besprochenen Zwangsbewegungen der einen oder anderen Richtung haben, so braucht man nur die Geschwindigkeit stetig wachsen oder abnehmen zu lassen.

Ich habe die eben theoretisch abgeleiteten Resultate der Wag-

schalenversuche, abgesehen von einigen rohen Vorversuchen, noch nicht mit aller Schärfe experimentell auf ihre Richtigkeit geprüft, weil eine kurze Ueberlegung ergiebt, dass genau dieselben Erscheinungen nach der Bogengangstheorie eintreten müssten, aber ein Ausbleiben der Zwangsbewegungen nach Rotationen auf der Wagschale mit gleichmässiger Geschwindigkeit eine Betheiligung der Bogengänge an der Entstehung der Zwangsbewegungen gar nicht widerlegt, worauf es mir bei diesen Versuchen doch gerade ankam. Bei der gleichmässig raschen Drehung der Schale vereinigen Schwere und Schwungkraft sich zu einer Resultirenden, die das Thier gegen die Unterlage presst. Unter ihrem Einfluss übt aber auch — ich stelle mich einen Augenblick auf den unhaltbaren Standpunkt der Anhänger der Bogengangstheorie — die Endolymphe einen Druck auf die Labyrinthwand aus in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Wagschale und also parallel zur Längsaxe des Thieres, da diese bei jedem Neigungswinkel der Schale senkrecht zu deren Ebene bleibt. Diese Richtung würde aber, wenn das Thier nicht rotirte, sondern sich in der normalen Körperstellung des Alltagslebens befände, mit der Verticalen zusammenfallen. Endolymphendruck in verticaler Richtung deutet aber auf Bewegung in verticaler Richtung. Es liefern hier also thatsächlich die Bogengänge dieselbe Bewegungsvorstellung, wie wir oben vom Muskelsinn gesehen haben, und da nur Zwangsbewegungen eintreten, wenn die Bogengänge eine Rotation, und nicht, wenn sie eine Fallbewegung oder ein Steigen annonciren, so dürfen wir allerdings auch nach der Theorie der Bogengänge keine Zwangsbewegungen erwarten. Bei gleichförmig beschleunigter oder verminderter Geschwindigkeit lässt die Schwungkraft resp. die Schwere die Endolymphe einen constanten Druck auf die Seitenwand des Labyrinthes ausüben — in ersterem Falle vom Centrum weg, im letzteren gegen dieses gerichtet. Die Endolymphe verhält sich dann also genau wie bei einer Rotation auf horizontaler Scheibe, es müssen folglich auch das Gefühl der Gegendrehung und Zwangsbewegungen eintreten, dieselben, wie oben infolge eines compensatorischen Muskelzuges.

Ferner kann man den Einfluss der Centrifugalkraft auf die Muskulatur dadurch beseitigen, dass man sie um den Körper herumwandern lässt. Bei der gewöhnlichen Rotation bleibt immer dieselbe Seite des Thieres dem Centrum zu- resp. abgewendet;

die in der Richtung des Radius wirkende Centrifugalkraft greift also fortwährend den Körper in derselben Richtung an, das heisst also, wenn z. B. der Rücken nach dem Centrum sieht, hat man während der ganzen Rotation die Neigung, vornüberzufallen, ist die linke Seite dem Mittelpunkt zugekehrt, wird man immerzu nach rechts gezogen u. s. w. Hierbei dreht sich nun der rotirende Körper mit jeder Umdrehung zugleich einmal um sich selbst — wie der Mond bei seiner Umdrehung um die Erde. Mit anderen Worten, bei einer Drehung um eine Axe parallel der eigenen Längsaxe beschreiben die transversale und sagittale Axe um die verticale einen Kreisbogen von 360°.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass die Trägheit eines auf der Centrifuge aufrecht stehend, also um eine seiner Längsaxe parallele Axe gedrehten Menschen oder Thieres (das also auf den Hinterfüssen aufrecht sitzend gedreht werden möge) sich nicht nur dem fortwährenden Zuge nach der Rotationsaxe zu widersetzt, sondern ebensogut auch dieser eben besprochenen passiven Kreistour um die Längsaxe. Der menschliche Körper hat so gut wie jeder andere das Bestreben, bei einer Bewegung seine Axen stets nur parallel sich selbst zu verschieben. Wird also eine Rotation etwa im Sinne des Uhrzeigers eingeleitet, so beginnen alsbald die Füsse und Unterextremitäten in demselben Sinne eine Drehung um die Längsaxe, die Axen des Rumpfes und Kopfes suchen aber ihre Lage im Raume beizubehalten. Der Beobachter befindet sich daher in derselben Verfassung, als hätte er im Ruhezustand aufrecht stehend seinem Körper eine Drehung um die Längsaxe im entgegengesetzten Sinne ertheilt. In beiden Fällen werden die antagonistisch wirkenden Muskeln gedehnt. Die daraus resultirende Bewegungsempfindung ist bei der passiven Drehung natürlich mit Ursache von deren Perception. Ein reflectorischer Muskelzug wird sie compensiren und gleich dem centralen Muskelzug während der ganzen Bewegung vorhanden sein. Beim Anhalten der Scheibe entspricht er einem drehenden Trägheitszuge in entgegengesetzter Richtung wie vorhin, trägt also auch zur Entstehung des Gefühls der Gegendrehung mit bei.

Werden Versuchsthiere um eine ihrer dorsi-ventralen Axe parallele Axe rotirt, so ist der Einfluss dieser Drehungsträgheit sehr unbedeutend, weil die Unterstützung des Rumpfes durch vier

Beine einer kreisenden Bewegung des letzteren um seine Sagittalaxe hindernd im Wege steht. Bei der Rotation parallel der Längsaxe indessen, um welche bei Thieren, wenn man sie aufrecht auf den Hinterbeinen sitzend festhält, der Rumpf sich ebenso ausgiebig drehen lässt, wie es der aufrecht stehende Mensch zu thun vermag, wird ein ziemlich beträchtlicher Muskelzug zur Compensation aufgeboten. Derselbe ertheilt also dem Thier für sich allein eine Drehung um seine Längsaxe in demselben Sinne, wie die Rotation geht. Sobald das Thier von der Scheibe abfliegt oder vom Experimentator auf die Erde geworfen wird, die Centrifugalkraft also nicht mehr wirkt, kommt dann eben diese Muskelwirkung als die bekannte „Rollbewegung" zum Ausdruck.

Geht nun die Rotation aber so vor sich, dass sämmtliche drei Axen immer nur parallel sich selbst verschoben werden, so sieht jeden Augenblick ein anderer Körpertheil nach dem Centrum. Ist in einem bestimmten Punkte der Drehscheibe die linke Seite dem Centrum zugekehrt, so reisst die Centrifugalkraft den Körper nach rechts; 180^0 später greift sie aber auf der linken Seite an, weil nunmehr die rechte nach innen sieht, nach weiteren 90^0 strebt sie den Körper hintenüberzuziehen; kurz, sie ändert in jedem Augenblick ihre Richtung, wandert um den Körper herum. Um ein solches Experiment auszuführen, kann man sich eines einfachen Apparates, des sog. Excenters bedienen, wie ihn ähnlich die Dampfmaschine hat, um eine geradlinige Bewegung in eine kreisförmige zu verwandeln. Ein auf einen solchen Excenter gesetztes Thier oder ein Mensch rotirt gleich der Unterlage, der es seine Bewegung verdankt, parallel sich selbst, die Centrifugalkraft wandert also um ihn herum.

Durch dies Herumwandern neigt sich der Körper in jedem Moment nach einer anderen Richtung und dadurch werden jeden Augenblick andere Muskeln gedehnt.

So entsteht allerdings eine Bewegungsvorstellung eigenthümlicher Art, nämlich die Empfindung, sich in einer Kegelfläche um die Verticale als Axe zu bewegen, wovon weiter unten noch eingehender die Rede sein soll; eine Zwangsdrehung um das Centrum der Rotation kann aber nicht eintreten. Denn wie die Centrifugalkraft, läuft auch die passive Dehnung der Muskeln um den Körper herum und somit selbstverständlich auch die ihr folgende reflectorische Wiederzusammenziehung. Ein einseitiger constant

gegen das Centrum gerichteter Muskelzug, wie er zur Entstehung einer Zwangsrotation nöthig war, fehlt aber hier. Da, wie die verhältnissmässig lange Dauer des Gefühls der Gegendrehung zeigt, die durch die Centrifugalkraft hervorgerufene Muskelcontraction eine ganze Weile anhält, so werden vielmehr nach allen möglichen Richtungen zugleich Muskelzüge wirken, sich gegenseitig aufhebend. In der That habe ich verschiedene Versuche ausgeführt, ohne dass die Thiere nachher active Rotationen machten.

Uebrigens beweist auch dies nicht viel gegen die Bogengänge. Die Endolymphe verhält sich auf dem Excenter anders als auf der einfachen Rotationsscheibe und zur Rettung der Bogengänge genügt daher die Annahme, dass nur allein der Zustand, in dem sie sich im letzteren Falle befindet, Zwangsbewegungen und das Gefühl der Gegendrehung erzeuge. Es bemächtigt sich nämlich sofort mit Beginn der nicht excentrischen Rotation — gesetzt, es fänden überhaupt Druckänderungen mit Verschiebungen in der Labyrinthflüssigkeit durch äussere Kräfte statt — der Endolymphe eine Kraft, die die Resultirende aus Schwere, Centrifugalkraft und Ruheträgheit bildet, und so lange die letztere Componente noch vorhanden ist, gern eine Bewegung der Flüssigkeit verursachen mag, wie Breuer es behauptet hat. Sobald indessen die Ruheträgheit ganz verschwunden ist, geben nunmehr Schwere und Centrifugalkraft, also bei constanter Geschwindigkeit constante Grössen, auch eine nach Richtung und Grösse während der ganzen Rotation sich gleichbleibende Resultirende, die folglich auch während der ganzen Zeit der Drehung die Lymphe in derselben Richtung drücken lässt.

Geschieht die Rotation auf einem Excenter, so wandert die Resultirende aus Schwerkraft und Centrifugalkraft gleich letzterer um den Körper herum, also werden auch die Endolymphpartikelchen jeden Augenblick alle zusammen nach einer anderen Richtung gezogen. Es entsteht daher bei dieser Rotationsmethode ein unaufhörliches Wogen der Flüssigkeit im Labyrinth, in jedem Augenblicke ist der Druck gegen eine andere Stelle gerichtet.

Wie gesagt steht an sich der Hypothese nichts im Wege, dass nur constanter Druck gegen bestimmte Punkte der Labyrinthwand Zwangsbewegungen macht, nicht aber die fortwährenden Verschiebungen und Druckrichtungsänderungen in der Endolymphe; indessen man fragt doch wohl mit Recht, worin liegt der Unter-

schied begründet; und warum folgt nicht auch auf gleichförmig beschleunigte Progressivbewegungen, wie Delage sie am Menschen ausführte, und bei denen doch genau ebensolch constanter Druck in immer gleicher Richtung auf die Labyrinthwand statt hat, eine rotirende Zwangsbewegung?

Um überhaupt eine schlagende experimentelle Entscheidung herbeizuführen, ob Bogengänge, ob Muskelsinn die Ursache der Bewegungsempfindungen, könnte man daran denken, folgende Wege einzuschlagen.

1. Man müsste die Bogengänge völlig oder theilweise zerstören, oder wenigstens die Labyrinthflüssigkeit unter abnorme Verhältnisse bringen resp. ganz entfernen. Nach den Anhängern der Bogengangstheorie müssen hierauf Zwangsbewegungen folgen, sei es, weil das Thier die Empfinduug hat, Bewegungen zu machen, die in Wirklichkeit gar nicht stattfinden, und sie zu compensiren strebt, sei es dass seine Bewegungen nunmehr überhaupt nicht percipirt und also die beabsichtigten nicht mehr zum Zwecke der Coordination nach den schon gemachten oder nach den sonst zu berücksichtigenden Umständen modeln kann. Man hat in der That, wie schon eingangs dieser Arbeit besprochen wurde, nach Verletzungen des Labyrinthes in auffallender und typischer Weise Zwangsbewegungen auftreten sehen; allein diese Versuche sind werthlos, solange nicht bei einem jeden unumstösslich sicher feststeht, dass eine Läsion des Cerebellums ausgeschlossen ist; inwiefern eine solche an sich nothwendig eine Zwangsbewegung zur Folge hat, wird weiter unten noch klar werden. Eine Methode aufzufinden, welche eine Zerstörung der Bogengänge absolut sicher ohne Kleinhirnverletzung ermöglicht, ist mir leider bis jetzt nicht gelungen. Dafür aber habe ich einer Anzahl Frösche die Columella herausgerissen, ohne Zwangsbewegungen zu bekommen, während doch durch das darauf folgende Abfliessen der Perilymphe sicher ganz abnorme Druckverhältnisse im Labyrinth zu Stande kommen. Vielleicht möchte einer erwidern, die Perilymphe sei gar nicht abgeflossen, auf Grund der Kleinheit des ovalen Fensters und des von aussen wirkenden Luftdruckes; dem halte ich indessen das Experiment des Herrn Prof. Kessel-Jena entgegen, der nach derselben Operation an Tauben die Perilymphe mittelst einer capillären Röhre aussog, ebenfalls ohne Zwangsbewegungen zu erzielen. Steiner hat ferner einem Haifische beide Labyrinthe

herausgeschnitten und der Fisch hat nicht nur keine Zwangsdrehungen gezeigt, sondern macht auch volkommen normale coordinirte Bewegungen, ist also offenbar sehr wohl über Richtung und Ausmass seiner Bewegungen im Klaren. Dies spricht entschieden gegen die Betheiligung der Bogengänge ebenso wie das nicht seltene Ausbleiben der activen Rotationen nach einer Verletzung der Halbcirkelkanäle und nach Acusticusdurchschneidungen, von dem namhafte Forscher berichten.

2. Haben die Bogengänge etwas mit Bewegungsvorstellungen zu thun, so darf nach Entfernung des Labyrinthwassers auch die rascheste Rotation nicht mehr von einer gleichen activen gefolgt sein, anders wenn der Muskelsinn deren Ursache ist. Um dies Experiment anzustellen, darf natürlich das Thier nicht schon vor der Drehung an Zwangsbewegungen leiden, und die Eröffnung des Felsenbeines eignet sich also in diesem Falle nicht zur Entfernung der Lymphe. Die Frösche mit herausgerissener Columella zeigen nun allerdings ebenso wie ganz gesunde Zwangsbewegungen; um aber allen Einwänden zu entgehen, wie etwa, dass die Lymphe nicht völlig beseitigt sei, oder sich sehr rasch wieder durch Transsudation erneut habe, oder — obzwar dies doch gewiss nicht sehr wahrscheinlich — dass die Anwesenheit der Endolymphe allein genüge, normale Bewegungsempfindungen zu erregen, dachte ich daran, bei höheren Thieren die Schnecke sammt ihrem membranösen Inhalt zu eröffnen, was ohne folgende Zwangsbewegungen angehen dürfte, und dann vom ovalen Fenster her das ganze Labyrinth auszugiessen, z. B. mit Quecksilber, dessen Druck alle Flüssigkeit aus diesem durch die Oeffnung in der Schnecke heraustreiben müsste. Noch besser würde sich eine nicht zu heisse, rasch bei Körpertemperatur erstarrende Füssigkeit zur Einspritzung eignen, also eine Art Legirung etwa in der Art, wie Wood's oder Rose's Metall. Man hätte dabei den Vortheil nach der Obduction an dem Abguss sich und einen jeden davon überzeugen zu können, ob das Labyrinth völlig ausgefüllt und somit die Bewegungsempfindungen erzeugende Flüssigkeit ganz verdrängt sei. Bedeutende technische Schwierigkeiten haben bisher der exacten Ausführung dieser Idee hindernd im Wege gestanden.

3. Man müsste die Bogengänge intakt lassen, aber die Muskeln verhindern, sich gegen die Centrifugalkraft zu contrahiren. Diesem Zwecke dürfte ein allgemeiner Tetanus entsprechen, bei

dem sich die symmetrischen Muskelgruppen mit gleicher Intensität und zugleich ad maximum zusammenziehen, so dass ein Ueberwiegen auf einer Seite infolge der Centrifugalkraft unmöglich würde. Allein die Gegner könnten behaupten, dass aus Ueberanstrengung und Ermüdung die Muskeln dem supponirten Willensimpuls zur Zwangsdrehung nicht mehr gehorchten; oder auch wohl gar, dass Stromschleifen, ins Cerebrum gehend, analog dem electrischen Schwindel, an sich Bewegungsempfindungen erzeugten, die die von der passiven Rotation herstammenden auslöschten, also das Bedürfniss einer drehenden Fluchtbewegung gar nicht aufkommen liessen.

4. Den Antagonisten der durch die Centrifugalkraft zur Contraction veranlassten Muskeln auf electrischem Wege einzeln einen genau ebensolchen Reiz zu appliciren, und so den centralen Muskelzug auszugleichen, daran ist schon deshalb nicht zu denken, weil man durch die Haut des unverletzten Thieres hindurch überhaupt einen Muskel für sich nicht reizen kann, ohne durch Stromschleifen die Nachbarn in weitem Umfang mit zu treffen, abgesehen davon, dass man überhaupt unmöglich genau denselben Contractionsgrad zu treffen vermöchte, wie ihn auf der entgegengesetzten Seite die Centrifugalkraft erzeugt.

5. Eine Durchschneidung der sensiblen Rückenmarksnerven müsste allerdings die centrale Muskelcontraction bei ihrer reflectorischen Natur aufheben. Dabei gehen aber sämmtliche Rückenmuskeln verloren; also ein nicht zu unterschätzender Factor aller Bewegungserscheinungen fällt aus und ausserdem ist diese Operation ein so bedeutender Eingriff in den normalen Lebenszustand des Thieres, dass dadurch schon genug unberechenbare Ursachen für ein Ausbleiben der Zwangsbewegungen gegeben sein könnten, selbst wenn man dem Thiere Zeit lässt den Shock zu überwinden und sich zu erholen.

6. Sehr bequem wäre eine Lähmung mittelst Curare, wenn es sich erreichen liesse, dass mit einem Schlage die ganze Skelettmuskulatur völlig wieder in den normalen Zustand zurückkehrte und gerade in demselben Moment die Rotation aufhörte. Allein hieran scheitert der Versuch.

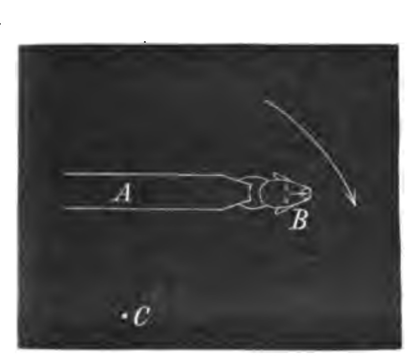
7. Wie man sieht, thürmen sich überall gewaltige Hindernisse auf. Auch das scheinbar so einfache Mittel, dem Versuchsobject mittelst Gewicht und Rolle einen Zug nach dem Centrum zu ertheilen, genau gleich dem centrifugalen, was sich ja unschwer

machen liesse, fruchtet nichts. Denn es greift ja die Schwungkraft überall zugleich an und würde also ruhig fortfahren, den Kopf und die Extremitäten in ihren Articulationen mit dem Rumpf zu bewegen und damit auf deren Muskulatur zu wirken, wenn man etwa eine Schnur mitten um den Rumpf legen und mit dem Gewicht verbinden wollte; ja sie würde dann sogar noch die Lenden- und Halswirbel aneinander verschieben können und Hintertheil und Halsende nach aussen ziehen, während die Mitte der Wirbelsäule, dem Gewicht folgend, ihr nicht nachgiebt: das Thier wird sich dem Centrum zu convex krümmen. Die Centrifugalkraft ist also nichts weniger als ausgeschaltet. Dazu müsste man vielmehr jeden einzelnen Knochen mit dem Gewichte in Verbindung setzen und zwar direct. Denn wollte man die Schnur mit um die umgebenden Weichtheile herumlegen, so würde sie, bei der Rotation in diese einschneidend, eine mässige Verschiebung des Knochens im Gelenke nicht hindern, genau wie oben gezeigt wurde, dass eine Rückenlehne bei einer Progressivbewegung das Zurückbleiben der oberen Körpertheile aus Trägheit nicht verhindert. Solche Versuchsanordnung ist aber geradezu unausführbar.

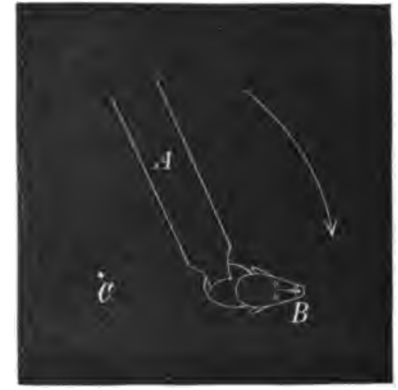
Ich verlasse also dieses unfruchtbare Terrain und wende mich zur Erklärung sehr wichtiger Erscheinungen, die mit dem Beginn der Drehung auftreten: 1. Herumlaufen am Rande der Scheibe entgegengesetzt der Drehrichtung. 2. Verdrehung des Kopfes im entgegengesetzten Sinne der Rotation. 3. Annahme einer gegen das Centrum geneigten Körperstellung. Dies die Reihenfolge, in der Mach die Erscheinungen an seinen Tauben hat auftreten sehen. Ihre nähere Beschreibung ist bereits früher gegeben, und auch schon gesagt, dass und unter welchen Umständen Nr. 1 und 3 zuweilen fehlen, Nr. 2 aber stets auftritt, abgesehen natürlich von den Fällen, wo mechanische Hindernisse vorliegen, wie z. B. bei Fröschen und Fischen, die keine deutlich ausgesprochene Seitendrehung mit dem Kopfe machen können.

Wenden wir uns zunächst zu dieser Kopfdrehung. Der Kopf hat, wie jeder anderer Körper auch, wenn ihm eine Bewegung aufgedrungen wird, das Bestreben, einmal so lange als möglich in Ruhe zu bleiben und zweitens bei der Bewegung die Lage seiner drei Axen im Raume unverändert beizubehalten. Ausserdem ist er bekanntlich nach allen Richtungen sehr frei beweglich. Es sei nun in Figur 11 *A* der Leib, *B* der Kopf eines Thieres, das um

ein Centrum *C* in der Pfeilrichtung zu rotiren beginnt. Die Rotation theilt sich von der Scheibe zunächst unmittelbar den auf ihr haftenden Extremitäten und durch deren Vermittelung direct



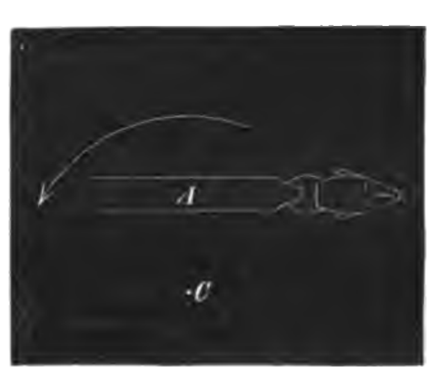
Figur 11.



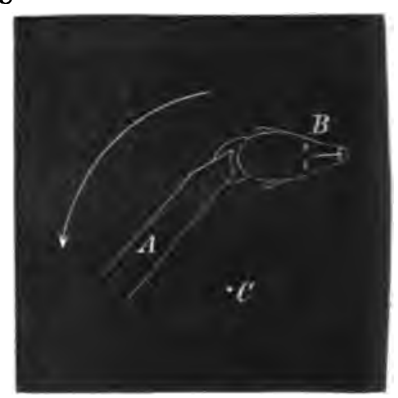
Figur 12.

dem Rumpfe mit. Der Kopf, weder durch Reibung an der Scheibe noch durch eine feste Verbindung mit dem Körper zum sofortigen Mitgehen gezwungen, behält seine Stellung im Raume noch bei, während *A* schon einen Kreisbogen von gewisser Grösse beschrieben hat, so dass nunmehr das Thier den Anblick wie in Figur 12 darbietet. „*B*" ist also dem Centrum abgewendet. Dass das In-Ruhe-Bleiben des Kopfes bei alleiniger Drehung des Rumpfes auf den Beobachter den Eindruck macht, als bewege das Thier den Kopf gegen den Rumpf, beruht auf einer bekannten optischen Täuschung, beiläufig gesagt, auf derselben, die einen Eisenbahnreisenden glauben macht, Bäume und Felder flögen an ihm vorbei, statt der Zug an jenen. Das Experiment lehrt, dass die Verdrehung des Kopfes sofort mit der Drehung beginnt und maximal ist. Es ist dies selbstverständlich, da der Kopf natürlich so lange an der Rotation unbetheiligt bleibt, bis die Gelenkkapsel und die ihn fixirenden Bänder und Muskeln auf der convexen Seite aufs äusserste gespannt sind; erst dann geht er nothgedrungen mit. Warum schliesslich die Seitenwendung während der ganzen Rotation anhält, bedarf hiernach keiner weiteren Erläuterung. Eine reflectorische Zurückziehung des Kopfes, etwa analog der des ganzen Körpers, wenn derselbe aus dem Usustatus gebracht wird, tritt nicht ein, weil passive Bewegungen einzelner Glieder nicht durch Wiedercontraction der gedehnten Muskeln beantwortet werden, wie wir früher bereits besprochen haben.

Die nämliche Ursache nun, welche den Kopf vom Centrum entfernt, wenn er voran rotirt, nähert ihn demselben, wenn das Schwanzende des Thieres die Rotation beginnt. Figur 13 zeigt das Thier vor einer solchen Rotation, Figur 14 während derselben. Die



Figur 13.



Figur 14.

jetzige Lage des Rumpfes bildet einen Winkel mit der früheren; der Kopf hat die seinige unverändert behalten, seine Längsaxe bildet also wiederum einen Winkel mit der des Körpers, nur ist diesmal dessen Oeffnung nach dem Centrum gerichtet.

Ist das Thier wie in Figur 15 im Radius aufgestellt, etwa mit



Figur 15.

dem Kopfe nach der Peripherie — für die umgekehrte Stellung bleibt die folgende Auseinandersetzung die nämliche — so sucht wiederum die Trägheit den Kopf an seinem Platze fest zu halten, sobald die Drehung beginnt, das heisst sie bewegt ihn relativ zum Leib in entgegengesetzter Richtung. Wäre er frei, so würde er also in gerader Linie entgegengesetzt der Drehung davonfliegen.

Wie aber ein geradlinig sich bewegender Stab, wenn man ihn an einem Ende festhält, sofort in rotirende Bewegung um diesen Punkt als Centrum übergeht, so auch der am unteren Theil fixirte Kopf; er macht dem Rumpfe gegenüber eine Drehung entgegengesetzt der Rotationsrichtung.

Hört die Rotation auf, so kommt der Rumpf infolge seiner festen Verbindung mit der Centrifuge eher zur Ruhe als der Kopf, welchem seine Freibeweglichkeit gestattet, noch nach dem Trägheitsgesetz die Bewegung weiter fortzusetzen. Er ist bestrebt, in der Richtung der Tangente an den Rotationskreis wegzueilen, also wenn wir uns noch einmal die Figur 12 vergegenwärtigen in der Richtung des Pfeiles α (s. Fig. 16). Diese geradlinige Bewe-



Figur 16.

gung wird aber aus dem angeführten Grunde auch hier zu einer Centralbewegung im Atlasgelenk: der Kopf muss, wie ja auch das Experiment es gezeigt hat, nun dem Centrum zugeschleudert werden. Ebenso erklärt sich das Herumfliegen des Kopfes nach Aufhören von Rotationen wie in Figuren 14 und 15.

Die Kopfverdrehung nach der anderen Seite beim Aufhören der passiven Drehung hat also ebenfalls einen einfach mechanischen Grund. Zum Beweise der Richtigkeit dieses Ausspruches habe ich das lebende Versuchsthier durch ein Holzmodell ersetzt, von der denkbar primitivsten Construction. An einen etwa 30 cm langen prismatischen Holzstab wurde ein ebensolcher, der indessen nur ungefähr 4 cm mass, lose befestigt. Diese rohe Nachahmung des Thierkörpers mit seinem Kopfe zeigte nun, wenn ich sie auf einem grossen Tisch eine Centralbewegung beschreiben liess, dieselben Erscheinungen, wie ich sie am Thier beobachtet und eben

erläutert habe; auch der Holzkopf ändert stets seine Lage zum Rumpfe entgegengesetzt der Drehrichtung, auch er fliegt unmittelbar nach der Rotation auf die entgegengesetzte Seite herum. Ich glaube, dies spricht deutlich genug gegen die Auslegung jener Kopfwendungen als Fluchtversuche.

Man könnte noch die folgende Frage aufwerfen: „Wie ist es möglich, dass der Kopf sich in Figur 14 dem Centrum zuwendet, trotz der Einwirkung der Centrifugalkraft; ist diese nicht bei einigermaassen rascher Drehung stärker als die blose Ruheträgheit des Kopfes und muss daher nicht vielleicht doch angenommen werden, dass die letztere durch activen Muskelzug, etwa zum Zwecke einer Fluchtbewegung unterstützt wird?" Hier hilft wieder unser Holzklotz. Derselbe zeigt, wie gesagt, die nämliche Eigenthümlichkeit und bei ihm ist doch von Muskeln keine Rede. Er liefert vielmehr den unumstösslichen Beweis, dass die Centrifugalkraft wirklich kleiner ist als die Ruheträgheit des Kopfes und es auch bis zu dem Zeitpunkt bleibt, wo die Rotation so rasch wird, dass man mit dem Auge nichts mehr zu unterscheiden vermag. Bei den vorliegenden Experimenten bleibt man aber natürlich immer unter dieser Geschwindigkeitsgrenze, da ja gerade gesehen werden soll; jenseits derselben mag gerne der Kopf statt nach dem Centrum gewandt zu sein, nach aussen gerissen werden.

Eine andere Frage ist, woher das nystagmische Pendeln des Kopfes kommt, welches man nach der Rotation zu sehen bekommt. Es bleibt nichts anders übrig, da ja äussere Kräfte nach dem Aufhören der Rotation fehlen, als anzunehmen, dass diese Bewegung reflectorisch durch die nystagmischen Augenbewegungen ausgelöst werden. Der Nystagmus capitis trat immer nur bei Kaninchen und Meerschweinchen auf, die dann auch deutlich Nystagmus der Bulbi zeigten. Salamander und Schlangen entbehren des Kopfnystagmus. Bei ihnen fliegt zwar auch beim Ende der Rotation der Kopf maximal auf die entgegengesetzte Seite wie im Anfang, dabei bleibt es aber auch — abgesehen davon, dass das Thier reflectorisch den Kopf alsbald aus dieser abnormen in die normale Stellung zurückbringt, das heisst, so stellt, dass seine Medianebene wieder in die des Rumpfes fällt, wie der Usustatus es erfordert. Nun habe ich aber an Fröschen und Fischen constatirt — ich weiss nicht ob dies schon früher bekannt war — dass selbst die energischste Drehung keinen bulbären Nystagmus hervorruft. Sollte dies für Salamander

und Schlangen ebenfalls gelten, so wäre damit noch ein schöner Beleg für die obige Auslegung des Kopfpendelns gewonnen.

Sowenig man für diese Kopfdrehungen eine psychische Ursache anzunehmen nöthig hat, sowenig braucht man solche für das Gegenlaufen gegen die Drehung. Setze ich vielmehr ein Thier auf die Centrifuge und beginne zu drehen, so gehen die Füsse sogleich mit, der Oberkörper aber bleibt zurück und bewegt sich relativ gegen die Extremitäten in einer der Rotation entgegengesetzten Richtung. Es findet somit hier derselbe Vorgang statt, wie beim Aufhören der Centralbewegung und muss daher auch dieselben Folgen haben, die wir dort ausführlich besprachen: das Thier beginnt zu laufen, und zwar macht es nicht nur ein paar Schritte, sondern muss während der ganzen Rotation laufen. Durch das Gegenlaufen verringert es nämlich die Geschwindigkeit seiner Rotation, indem es die zu einer Umdrehung nöthige Zeit erheblich verlängert. Wollte es nun auch wirklich stillstehen, so würden die fest an der Scheibe haftenden Füsse sofort deren grössere Geschwindigkeit acceptiren, der Rumpf aber die verringerte noch beibehalten: wiederum würde er zurückbleiben, wiederum würde das Laufen beginnen müssen.

Es gehört mit zum Bilde des Usustatus, dass während der Locomotion die Medianebene des Kopfes mit der des Rumpfes zusammenfällt. Dies ist die Kopfhaltung der Vierfüssler beim Laufen, der Vögel beim Fliegen, der Schlangen beim Kriechen, und eine kurze Ueberlegung lehrt, dass in der That diese Kopfhaltung für Flucht wie Verfolgung die zweckmässigste ist. Im Ruhezustande ist sie nicht so unumgänglich nothwendig: während des Stillsitzens oder -liegens wechseln, wie wir uns täglich an vielen Beispielen überzeugen können, die verschiedensten Stellungen des Kopfes in bunter Reihenfolge mit einander ab.

Ganz dieselben Verhältnisse finden wir nun auch bei passiven Rotationen auf der Centrifuge wieder.

Drehen wir ein Thier mit dem Kopfe voran, so wendet es denselben vom Centrum weg — wenn es ruhig an seinem Platze bleibt. So lange es während oder nach der Rotation activ sich bewegt, ist von einer Kopfwendung keine Rede.

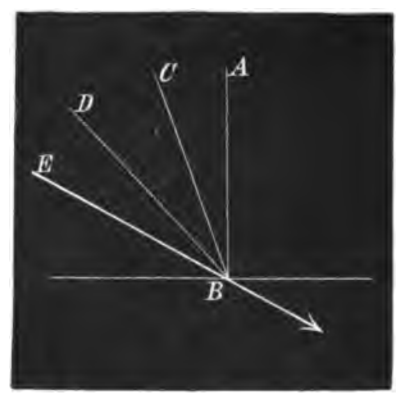
Resumiren wir alles über das Gegenlaufen Gesagte, so muss ein mit dem Schwanze voran rotirendes Versuchsthier mit normal gestelltem Kopfe am Rande der Scheibe vorwärtslaufen. Dies

geschieht also auch. Mit dem Kopfe voran gedreht, müsste es, diesen ebenfalls normal tragend, rückwärts laufen; und endlich, wenn man es in einen Radius stellt, unter üblicher Kopfhaltung fortwährend Seitensprünge machen. Letzteres beides geschieht nicht.

Es bedarf nun nicht viel Ueberlegung, um einzusehen, dass von den unendlich vielen Richtungen der Windrose, nach denen sich ein Thier zu bewegen vermag, die Richtung der Längsaxe des Thieres die bevorzugteste ist. Denn nicht nur kann das Thier, wenn es sich gerade aus nach vorn bewegt, sehen, wohin es geräth, und was ihm eventuell für Gefahren drohen, sondern die Extremitäten können auch in den, sie mit dem Rumpfe verbindenden Gelenken nach vorn die grössten Excursionen machen, folglich kommt das Thier bei der Vorwärtsbewegung am schnellsten aus der Stelle. Ueberraschen wir im Walde zum Beispiel ein ahnungloses Wild, so ist dessen erste Bewegung nicht selten ein Sprung zur Seite oder rückwärts, alsbald aber kehrt das Thier uns das Hinterende seines Rumpfes zu und entflieht in langen Sätzen in der Richtung seiner Längsaxe. Sicherlich ist es auch hier Folge einer durch Generationen hindurch stets befolgten Zweckmässigkeitsregel, dass, wo nicht der Wille speciell sein Veto einlegt, durch jede Bewegung in anderer als der genannten bevorzugten Richtung reflectorisch eine Körperdrehung ausgelöst wird, die die Richtung corrigirt.

Sobald also der Oberkörper des mit dem Kopfe voran rotirenden Thieres gegen die Drehung zurückbleibt, löst dies reflectorisch ein Unterschieben der Beine aus: das Thier beginnt rückwärts zu laufen. Dadurch wird aber wiederum reflectorisch eine Körperdrehung herbeigeführt und zwar um so unfehlbarer, als dieselbe durch die passive Kopfwendung bereits eingeleitet, resp. theilweise vollführt ist. Bei den Salamandern, deren Wirbelsäule sehr biegsam ist, glaube ich nämlich bemerkt zu haben, dass durch den Schwung, mit dem der Kopf sich vom Centrum abwendet, auch von der vorderen Hälfte der Wirbelsäule noch ein gutes Stück mitgenommen wird, so dass also der ganze Rumpf schon dadurch an und für sich eine Krümmung nach rückwärts erfährt. Das macht es wahrscheinlich, dass auch bei Thieren mit starrer Wirbelsäule diese, wenn sie auch keine ausgesprochene Krümmung macht, doch eine Tendenz dazu, einen Ruck, einen Zug bekommt. Alle diese Gründe, denke ich, machen es hinreichend verständlich, warum das Thier sich erst völlig umdreht und dann der Rotation entgegenzulaufen beginnt.

Nun zur Neigung gegen das Centrum. Nehmen wir einmal den Menschen als Versuchsobject an, bei dem sie am deutlichsten und bekanntesten ist, und denken uns, seine linke Seite sei dem Mittelpunkte zugekehrt. Sobald die Rotation beginnt, reisst die Centrifugalkraft ihn nach rechts. Die Muskulatur links wird gedehnt und zieht sich wieder zusammen, bis der Körper sich wieder in der Verticalstellung befindet. Dann ist die Dehnung redressirt, und es wird kein Impuls zur Contraction mehr von der centralen Ganglienzelle abgegeben, welche den Reflexvorgang vermittelt. Indem wir uns aber werden vorstellen müssen, dass solange die Dehnung dauert, immer in gewissen Zwischenräumen, etwa von $\frac{1}{n}$ Secunde, ein solcher Impuls vom Rückenmark nach der motorischen Endplatte abgelassen wird, so wird klar, dass die Contraction noch nicht aufhört, wenn der letzte Impuls abgeht, sondern erst, wenn er angekommen und seine Wirkung abgelaufen ist. Da zwischen beiden Zeitpunkten aber bekanntlich eine messbare Weile vergeht, so wird also der Körper noch über die Verticale *AB* hinausschwanken (s. d. Fig.). Zwar versuchen die Muskeln



Figur 17.

rechts, welche dadurch über ihre normale Länge gedehnt werden, sich dem durch Contraction zu widersetzen, allein die Muskeln links erfahren durch eben diese Contraction eine Widerstandsvermehrung, was immer gleichbedeutend ist mit einer Dehnung, und ziehen sich nur um so stärker zusammen, vernichten also den Zug nach rechts wieder. Sie fahren fort, den Körper nach links zu neigen bis der letzte Impuls angekommen ist und gewirkt hat. Dann hört die Contraction, so weit sie nicht durch den Muskelzug nach

rechts aufrecht erhalten wird, auf, und der Körper bleibt etwa in *CB* in Ruhe. Allein nun beginnt auf die Muskeln links die Kraft *EB*, die Resultirende aus Schwere und Centrifugalkraft zu wirken, die den Körper nach rechts umzukanten sucht. Sie dehnt dieselben, sobald sie aufhören den Körper weiter nach links zu ziehen, wieder aus und jene beginnen alsbald, sich wieder auf die Länge, die sie in *CB* hatten, zusammenzuziehen. Wie vorhin, geht dabei die Längsaxe über *CB* hinaus in die Lage *DB* und dies Spiel setzt sich fort, bis *EB* die Richtung der Resultirenden erreicht ist. Auch über diese geht zwar zuerst die Längsaxe hinaus; alsbald greift aber die Resultirende nunmehr die Muskeln rechts an, und diese ziehen den Körper wieder zurück, bis derselbe endlich nach einigen Pendelbewegungen um *EB* in dieser Lage zur Ruhe kommt. Er hat nun seinen wahren Usustatus gefunden. Denn seine Längsaxe fällt jetzt mit der Richtung der auf ihn wirkenden Resultirenden zusammen, die mit der Schwere — welche ja sonst auch in der Richtung der Längsaxe wirkt — identisch ist. Beide sind constante Kräfte, beide greifen in allen Massenpunkten zugleich an. Der Körper befindet sich also thatsächlich in denselben Verhältnissen, wie in der Verticalstellung während der Ruhe oder während einer Progressivbewegung.

Je stärker die Geschwindigkeit der Rotation, um so grösser die centrifugale Componente, um so geneigter die Resultirende, um so schräger die Längsaxe des Körpers; je langsamer die Drehung, um so aufrechter der Körper.

Sobald jemand wieder im Usustatus angekommen ist, nachdem er etwa durch die Trägheit im Beginn einer Progressivbewegung oder durch irgend eine andere Ursache ins Wanken gerathen war, hört die Dehnung, die ja nur die Folge vom Verlassen des Usustatus ist, auf und damit nach kurzer Zeit die Contraction. Dann compensiren die Muskeln eines vertical Stehenden also die Schwere nicht mehr. Alsbald beginnt dieselbe wieder ihn umzukanten, und die Dehnung mit nachfolgender Contraction ist wieder da. In schneller Folge wechseln so Dehnung und Nichtdehnung und daher Auftreten und Fehlen einer Bewegungsvorstellung. Die Dehnungen, mit denen wir es hier zu thun haben, sind minimal, da sie gewissermaassen schon im Keime von der Contraction erstickt werden, also können auch die ihnen folgenden Vorgänge im Centralorgan, nämlich die Bewegungsempfindungen nur sehr

schwach sein, werden aber wegen ihrer ausserordentlich raschen Aufeinanderfolge in eine einzige continuirliche Vorstellung verschmelzen: so entsteht die Wahrnehmung unserer Lage. Wir beachten dieselbe selten, der unbedeutende Eindruck, den wir von ihr haben, geht unter stärkeren, wichtigeren verloren; werden wir aber an unsere Lage erinnert, so wissen wir dieselbe ganz gut, auch ohne uns der Bewegungen, die wir zu ihrer Einnahme gemacht haben, noch zu erinnern, was doch das einzige Mittel zu ihrer Wahrnehmung wäre, wenn wir sie nicht direct percipirten. Um genaueres über die Empfindung der Lage festzustellen, brauchte man einfach einen gut Narkotisirten oder fest Schlafenden auf ein Brett, das um drei Axen beweglich ist, so zu befestigen, dass er beim Erwachen keine Bewegungen machen und nichts sehen oder hören könnte und zu verhindern, dass ein Tastgefühl ihm Aufschluss über die Richtung der Schwerkraft gebe, wozu die scharfsinnigen Methoden Mach's sehr wohl am Platze wären (l. c. S. 66 ff.). Es wäre sehr interessant, zu erfahren, welche Angaben über die Lage beim Erwachen gemacht würden.

Da mit jeder Aenderung der Winkel, welche die Verticale mit den Axen unseres Körpers bildet, andere Muskeln zur Compensation der Schwere benutzt werden, resp. die Hauptrolle dabei spielen, werden auch bei jeder Körperdrehung um die transversale oder sagittale Axe die von den einzelnen Muskeln ausgehenden Componenten des die Lagervorstellung auslösenden Reizcomplexes in verändeter Stärke und auf anderen Bahnen ins Cerebrum gelangen; es wird eine andere Lagevorstellung auftreten, immer aber dieselbe bei derselben Richtung der Verticalen gegen die Körperaxen.

Rotirt nun Jemand in verticaler Haltung, wie der Beobachter in der Mach'schen Papiertrommel, so bildet die Resultirende aus Schwere und Centrifugalkraft einen Winkel mit seiner verticalen Längsaxe. Dadurch entsteht aber offenbar dieselbe Lagevorstellung, wie wenn die Längsaxe des Körpers in derselben Ebene und um denselben Winkel gegen die Schwerlinie geneigt wird. Mithin wird der Rotirende gewohnheitsmässig den Schluss machen, er sei gegen die Verticale geneigt und zwar um denselben Winkel, wie es die Resultirende thatsächlich gegen seine Längsaxe ist, d. h. er hält die Richtung der Resultirenden für die Verticale.

Bei der Drehung auf dem Excenter beschreibt die Resultirende,

also die scheinbare Verticale, einen Kegelmantel um unsere Längsaxe, wir meinen einmal nach rechts geneigt zu sein, 90° weiter nach vorn, 90° weiter nach links, 90° weiter nach hinten und noch abermals 90° wieder nach rechts, beschreiben also unserer Ansicht nach einen Kegelmantel um die Rotationsaxe.

Im Momente des Aufhörens der nicht excentrischen Rotation ändert sich der centrale Muskelzug, wie wir sahen, weder nach Richtung, noch nach Grösse — er erwies sich im Gegentheil gerade als Ursache der subjectiven Gegendrehung. Mithin bleibt auch die Richtung der Verticalen während der Gegendrehung unter derselben Täuschung bestehen. Im Momente des Anhaltens tritt dagegen in der Richtung der Tangente, im Sinne der Rotation, der Zug der Bewegungsträgheit auf. Die Muskeldehnung, die er verursacht, ruft das Gefühl einer Neigung des Körpers in dieser Richtung hervor (vgl. Mach pag. 28), die aber der reflectorische Compensationsmuskelzug sofort paralysirt. In wiefern dieses Verhalten des Körpers zur Entstehung der subjectiven Gegendrehung beiträgt, haben wir früher besprochen.

Erklärung weiterer Thatsachen, die, so weit sie von Mach aufgefunden sind, mit Hülfe der Bogengänge erklärt wurden und daher jetzt einer anderen Begründung bedürfen.

1. (Mach S. 29.) „So oft man sich während der gleichmässigen Rotation um eine Horizontalaxe um 180° dreht, tritt eine starke Auffrischung des Drehgefühls auf. Es ist stärker als im Anfang der Rtoation.“

Gesetzt, es liege der Beobachter auf dem Rücken, die Füsse nach dem Centrum gekehrt. Die Einwirkung der Centrifugalkraft wächst mit der Höhe des gedrehten Gegenstandes, was früher schon erörtert wurde, ist daher auf der Bauchseite stärker als am Rücken; zugleich wächst sie von den Füssen nach dem Kopfe hin. Jeder Körperquerschnitt wird vom Centrum nach der Peripherie gezogen, aber nicht in einer geraden, sondern in einer krummen Linie, wie jeder Körper, der unter der Wirkung von gleichgerichteten parallelen aber ungleich grossen Kräften steht, eine Curve um ein der kleineren zunächst gelegenes Centrum beschreibt. Auf den aufrecht stehenden Menschen bezogen, erfährt daher jeder Körperquerschnitt eine Drehung von vorn über oben nach hinten

und zwar ist das Drehungsmoment um so grösser, je näher dem Kopfe der Querschnitt liegt. Der Rotirte befindet sich folglich in einer ähnlichen Lage wie ein aufrecht Stehender, welcher im Begriff steht, eine progressive Vorwärtsbewegung zu beginnen. Bei beiden strebt der Kopf relativ gegen den Rumpf rückwärts, ebenso der Rumpf gegen die Oberschenkel und so fort jeder obere Körpertheil gegen die unteren. Was dort die Folge war, wird sie auch hier sein müssen, es wird eine compensatorische Contraction der nach vorn ziehenden Muskeln eintreten.

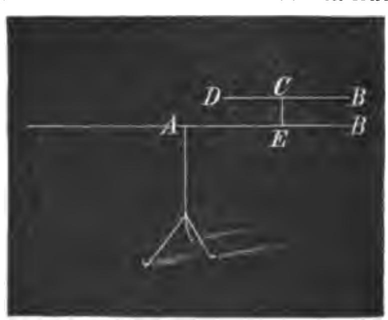
Sowie nun der Beobachter sich auf den Bauch gedreht hat, ertheilt ihm die Centrifugalkraft — wieder auf den aufrecht Stehenden bezogen — eine Drehung von hinten über oben nach vorn, die noch contrahirten nach vorn ziehenden Muskeln, deren Erschlaffung nicht so rasch vor sich geht, wie das Verschwinden ihres Widerstandes, verstärken diesen Zug, da sie nunmehr in derselben Richtung wirken. Die passive Dehnung infolge der Centrifugalkraft ist also jetzt nicht nur auf andere Muskeln übergegangen, sondern auch stärker als sie im Anfang der Rotation war, wo keine Muskeln jene unterstützen. Der Beobachter wird sich also nicht bloss aufs neue der Rotation bewusst, sondern muss sie auch verstärkt empfinden.

2. (Mach S. 34.) „Rotirt die Centrifuge von oben gesehen, wie der Uhrzeiger, so glaubt der Beobachter, wenn er sich auf dem Radius nach der Peripherie bewegt, nach rechts wegzufliegen umgekehrten Falls nach links."

Wird der Beobachter während der gleichmässigen, bereits nicht mehr von ihm wahrgenommenen Drehung nach der Peripherie geschoben, so kommt er in eine Region grösserer Umlaufsgeschwindigkeit. Wie im Anfang bleibt der Oberkörper gegen die Füsse zurück. Dies deutet, wie wir sahen, an und für sich auf den Beginn einer Progressivbewegung. Zugleich ist er nunmehr in die Region einer grösseren Centrifugalkraft gelangt, die demgemäss seine Längsaxe von der verticalen Drehungsaxe stärker wegzuneigen strebt, als die bisherige. Allein wie im Beginn einer jeden passiven Progressivbewegung die Längsaxe des Körpers sich nach dem Ausgangspunkte der Bewegung aus Trägheit zurückneigt, so bekommt auch hier die Längsaxe des Beobachters durch die geradlinige Verschiebung auf dem Radius eine Neigung nach dem Centrum zu, welche obige verstärkte Neigung vom Centrum

weg wieder aufhebt. Es tritt also bei dem Vorrücken peripheriewärts keine Spannungsmodification in der centralwärts wirkenden Muskulatur ein: das zweite Moment zur Perception einer beschleunigten Rotation, die doch wirklich stattfindet, bleibt aus. Man schliesst aus dem alleinigen Auftreten des ersten, wie immer, lediglich auf eine Progressivbewegung und zwar nach rechts, weil die Füsse eben nach rechts voraneilen. Ein analoges Raisonnement liefert die Erklärung, warum bei radialer Verschiebung centralwärts eine progressive Bewegung nach links vorgetäuscht wird. Die Rotationsgeschwindigkeit nimmt ab, die Füsse bewegen sich daher nicht so rasch wie der Oberkörper, der die frühere Geschwindigkeit länger beibehält, bleiben also nach links gegen ihn zurück: die Längsaxe hat also dieselbe Neigung, wie beim Beginn einer progressiven Bewegung nach links. Die Centrifugalkraft nimmt ebenfalls ab, der centrale Muskelzug neigt, das Uebergewicht bekommend, die Längsaxe dem Centrum zu; die radiale Progressivbewegung ertheilt ihr aber eine Neigung vom Centrum weg. Beides hebt sich gegenseitig auf.

3. (Mach S. 35). „Auf der Drehscheibe mit dem Radius AB ist excentrisch eine zweite mit dem Radius CB angebracht.

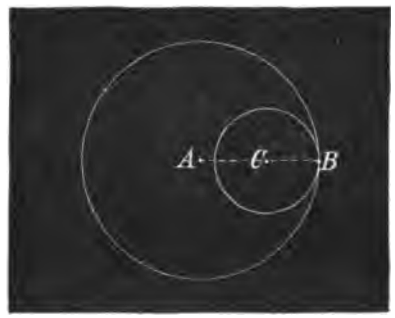


Figur 18.

Auf dieser sitzt in B der Beobachter. Beide Scheiben sind im Beginn der Rotation aneinander festgemacht. Haben alle Punkte des Systems gleiche Geschwindigkeit erreicht, so wird ihre Verbindung gelöst, und wenn der Rotirte die Rotation nicht mehr fühlt, AB angehalten. CB rotirt weiter und der Beobachter glaubt, ohne die Drehung zu merken, auf der Tangente im Punkte B' an die Scheibe AB entgegengesetzt der Drehung wegzufliegen.“ Warum?

Die Peripherie des kleinen Kreises wird nach dem Anhalten der grossen Scheibe von dem Punkte B in derselben Zeit durch-

laufen, wie die des grossen. Ist aber die Umlaufszeit dieselbe, so ist es so gut, als ob der Beobachter plötzlich, ohne den Uebergang wie in den vorigen Versuchen auf der Scheibe AB, nach einem dem Centrum näheren Punkte des Radius versetzt wäre, d. h. er kommt in eine Region geringerer Geschwindigkeit und geringere Centrifugalkraft. Die folgende Figur zeigt die beiden



Figur 19.

Rotationsbahnen des Beobachters erst um A, dann um C, die excentrisch sind und sich in B berühren, in jenem Punkte, von dem aus der Beobachter nach dem Festhalten der grösseren Scheibe unmittelbar auf den kleineren Kreis übergeht; dieser Uebergang nun erstreckt sich zunächst nur auf die Füsse, die oberen Theile, am meisten der Kopf, fahren noch eine Weile nach dem Trägheitsprincip fort, sich auf dem Kreise um A zu bewegen. Die Längsaxe des Körpers neigt sich folglich weiter weg von der Verticalen als vorher. Infolge der Verringerung der Centrifugalkraft müsste sie sich aber, dem centralen Muskelzug folgend, derselben mehr zuneigen, als vorher. Beide Momente paralysiren einander. Es wird also wieder nur die Abnahme der Umlaufsgeschwindigkeit für die Perception übrig bleiben und in der bekannten Weise gedeutet werden.

Ausser dem Trägheitszug vom Centrum weg in der Richtung des Radius haben wir, wie wiederholt schon erörtert ward, noch zur Perception einer Rotationsbewegung und zu ihrer Unterscheidung von einer progressiven den Widerstand gegen die Kreistour um seine eigene Längsaxe, welche die Rotirung dem Beobachter aufdrängt. Gleich dem centrifugalen Zug bleibt auch dieser in obigen Versuchen ungeändert. Der Grund ist der, dass die Kreistour genau in der gleichen Zeit vollführt wird, wie ein einmaliger Umlauf der Scheibe ums Centrum. Die Umlaufszeit ist aber für

alle Punkte der Scheibe dieselbe. Der Beobachter mag also auf der Scheibe sitzen wo und wie weit vom Centrum er will, immer ist die Geschwindigkeit, mit der er sich neben der Rotation ums Scheibencentrum um seine eigene Längsaxe dreht, dieselbe; also auch die Kraft, welche ihm diese Drehung ertheilt; also auch der Widerstand gegen diese und die Muskelspannung gegen letzteren. Der Spannungszustand der, diese passive Rotation um die Längsaxe infolge der Trägheit compensirenden, Muskeln verändert sich also in obigen Versuchen nicht und es kann daher von dieser Seite keine Auffrischung des Drehungsgefühls auftreten. Es bleibt thatsächlich eben einzig die Progressivbewegung zu percipiren übrig.

4. (Mach S. 36.) Mach behauptet, dass auch eine constant gegen den Beobachter dieselbe Richtung einhaltende Beschleunigung schliesslich keine Bewegungsempfindung mehr erregt. Bei einer gleichmässig beschleunigten Progressivbewegung wirkt in jedem Momente ein Trägheitszug auf den Körper in der Richtung nach dem Ausgangspunkte zurück. Es muss also hier eine constante Kraft durch die Muskulatur compensirt werden. Nun empfinden wir aber weder die Schwere, solange sie compensirt ist, noch bleiben wir uns bei gleichmässigen Rotationen des fortdauernden Muskelzuges nach dem Centrum hin bewusst. Ich bin daher mit Mach überzeugt, dass auch eine progressive Beschleunigung allmählich vergessen wird. Delage indessen verneint dies. Es ist daher nöthig, durch Wiederaufnahme der betreffenden Versuche den Widerspruch aufzuklären.

5. (Delage.) Positive und negative Beschleunigungen empfindet man nicht so gut bei Progressivbewegungen wie bei rotatorischen. Dies bedarf kaum der Besprechung. Dort folgt der Beschleunigung nur ein einziger Ruck in der Linie, auf welcher die Bewegung vor sich geht, dem wir mittelbar die Empfindung der Beschleunigung verdanken, hier ein dreifacher. Einmal gemäss dem Bestreben, die alte Geschwindigkeit beizubehalten, zweitens infolge des wachsenden Zuges vom Centrum weg; drittens, weil der Widerstand gegen die Kreistour des Körpers um seine Verticalaxe, welche die Rotation ihm aufdrängt, ebenfalls mit der Beschleunigung wächst. Die Summe der Einzelreize, die zusammen in dem Centralorgan das Gefühl der Beschleunigung auslösen, besteht daher bei der Rotation aus mehr Posten wie bei Progressiv-

bewegungen. Sie ist also im ersteren Falle grösser und damit naturgemäss auch ihr Effekt.

6. Bei progressiven Bewegungen fehlt das Gefühl der Gegenbewegung beim Langsamerwerden oder Aufhören.

Wir haben die Gründe, warum dies der Fall ist, sowie die Ursache, derzufolge ein solches Gefühl der Gegenbewegung sehr wohl eintreten könnte, früher eingehend besprochen, und auch ein Beispiel dafür erwähnt, dass es zuweilen thatsächlich auftritt, welches Delage angegeben hat. Ich möchte den Leser daher auf die betreffenden Stellen verweisen.

7. Der Einfluss des Kopfes auf die Bewegungsvorstellungen.

Versuche über diese Frage haben Mach und Delage angestellt und beide sind unabhängig von einander im Wesentlichen zu demselben Resultat gekommen, das wir früher im Abschnitt: „Erscheinungen am bewegten Menschen“ unter Nr. 11 bereits aufgeführt haben. Die optischen Täuschungen und der Tastschwindel während und nach Rotationen hängen untrennbar innig mit der Kopfstellung und deren Einfluss auf die subjectiven Rotationsvorstellungen zusammen. Es müssen daher alle hierhergehörigen Erscheinungen gemeinsam Gegenstand einer besonderen Untersuchung werden. Hier will ich nur durch einige ganz kurze Andeutungen darauf hinweisen, dass auch die subjective Aenderung der Drehaxe durch Kopfdrehungen sich ohne Zuhülfenahme der Bogengänge mittelst der Muskeltheorie erklären lässt, mögen die betreffenden Versuche auch noch so frappant für die ersteren zu sprechen scheinen.

Unzählige Male sind unsere Vorfahren und wir selbst umgefallen; noch öfter vielleicht — nämlich bei jeder beginnenden Locomotion — haben wir wenigsten einen Ansatz dazu gemacht. Jedesmal haben wir dabei passive Muskeldehnungen erfahren und zwar sind stets am stärksten die Halsmuskeln davon betroffen worden; denn der Kopf, den sie zu fixiren haben, hat von allen Körpertheilen beim Umfallen die grösste Geschwindigkeit und mithin, da er auch noch sehr frei beweglich ist und von relativ grosser Masse, ein ausserordentlich vorwiegendes Bewegungsmoment. Der Antheil, den die Halsmuskeln an der Entstehung der Empfindung des Umfallens haben, ist daher so sehr der bedeutendste und wichtigste, dass es nur natürlich erscheint, wenn wir schon allein aus der Dehnung gewisser Halsmuskeln infolge einer äusseren Kraft

— vom activen Muskelzug kann dies natürlich nicht gelten — den Schluss machen, nach der Seite, wohin der Kopf gezogen wird, umzusinken.

Ich habe öfters folgendes Experiment angestellt. Auf einem Stuhl mit geschlossenen Augen sitzend, lasse ich den Kopf mehrere Male einen Kegelmantel um die Verticale beschreiben, indem ich ihn z. B. aus maximaler Nackenbeuge in eine grösstmögliche Seitwärtsneigung bringe und so fort im Kreise herumgehen lasse. Ist dies etwa 20 Mal geschehen, und der Kopf wird, während er gerade vorübergeneigt ist, arretirt, so meine ich jedesmal nach rechts umzusinken, wenn die Rotation wie der Uhrzeiger ging, wurde er aber in der Nackenlage angehalten, nach links; einfach weil er immer aus Trägheit nach der betreffenden Seite weiterstrebte, und also dieselben Muskeln gedehnt wurden, die es beim Umsinken nach eben der Seite wären.

Macht Jemand, der auf der Drehscheibe rotirt, eine Kopfbewegung um eine der Rotationsaxe nicht parallele Axe, so kommt dadurch sein Kopf, weil er sich aus der Rotationsbahn des Rumpfes entfernt, in eine Region, wo andere Geschwindigkeit und andere Centrifugalkraft herrscht, wird also gegenüber dem Rumpfe eine positive oder negative Beschleunigung bekommen und der Beobachter wird infolge dessen, wie im eben skizzirten Versuch, meinen, nach der einen oder anderen Richtung umzusinken, das heisst eine Drehbewegung auszuführen.

8. Zu dem bereits eingangs dieser Arbeit ausführlich betrachteten Versuch 3 (Seite 71 der Mach'schen Untersuchung) — es wurde dem Kopfe durch daranziehende Wassereimer ein Drehungsmoment ertheilt und beim Wasserabfliessen auch eine Drehung im entgegengesetzten Sinne empfunden — macht Mach S. 72 noch eine erläuternde Bemerkung, die hier besprochen werden muss. Das Wesen des dort Gesagten liesse sich in folgenden Versuch einkleiden: Der Kopf einer Versuchsperson wird fixirt und der Rumpf nach rechts gedreht, dann erfahren dieselben Halsmuskeln dieselbe Dehnung wie durch eine Linksdrehung des Kopfes um denselben Winkel bei fixirtem Rumpf. Warum glaubt man nicht auch hier wie beim Eimerversuch, es handle sich lediglich um eine Kopfdrehung nach links, sondern fühlt vielmehr ganz genau die Drehung des Rumpfes? Nun, durch die Rotation des Rumpfes werden in seiner Muskulatur Spannungsveränderungen verursacht, speciell

diejenigen Muskeln gedehnt, welche ihm activ die entgegengesetzte Drehung verliehen hätten; diese Spannungsänderungen lösen aber die Vorstellung der Rumpfdrehung aus, bringen sie uns zum Bewusstsein; durch die stärkere Spannung der Halsmuskeln erfahren wir der Wahrheit gemäss, dass auf den Kopf ein Drehungsmoment nach der entgegengesetzten Richtung wirkt, das heisst, dass er zurückbleibt. Dahingegen frage ich, wie kommen wir nach der Bogengangstheorie zu der Vorstellung, dass unser Körper sich dreht, wo doch im fixirten Kopf eine Druckänderung oder Verschiebung im Labyrinthwasser unmöglich ist?

9. Delage hat in seiner Arbeit den Gedanken ausgesprochen, wenn Muskelgefühle Ursache einer Bewegungsempfindung wären, so müsste, wenn man etwa auf der linken Seite am Kopfe einen Zug ausübte, und dieser durch eine Contraction der rechten Halsmuskeln compensirt würde, eben durch die Contraction die Vorstellung entstehen, der Kopf bewege sich nach rechts.

Dies ist unrichtig. Freilich kann eine Contraction Anlass zu einer Bewegungsempfindung werden. Dann aber es ist eine solche, durch welche sich die Ansatzpunkte des betreffenden Muskels nähern. Im Delage'schen Versuch hat die Contraction aber nicht diesen Effect, sondern nur den, die passive Dehnung, welche der Zug links auf die Muskeln rechts auszuüben strebt, nicht zuzulassen. Dient aber eine Contraction nur zu diesem Zwecke — genau genommen ist dabei von Contraction d. h. Zusammenziehung gar keine Rede; denn Nicht Gedehnt-Werden ist doch noch keine Zusammenziehung — so fällt alles fort, was sonst Bewegungen zu begleiten pflegt: es fehlt das Schleifen der Gelenkflächen, die Veränderung im Spannungszustand der Gelenkkapsel und -Bänder, die Verkürzung gewisser Muskeln und die Dehnung ihrer Antagonisten. Kein Wunder also, wenn Delage bei diesem Versuch keine Bewegungsvorstellungen bekam. Uebrigens wäre der Versuch so wie so unrein gewesen, denn durch die fortwährende Willensvorstellung, keine Bewegung durch die Zugkraft zu Stande kommen zu lassen, ist natürlich von vornherein die gerade bei solchen Versuchen so nothwendige ungetrübte Objectivität der Beobachtung einfach illusorisch gemacht.

10. Wird jemand im Sinne des Uhrzeigers aufrecht stehend gedreht und sieht seine linke Seite nach dem Centrum, so ertheilt, wie wir sahen, die Trägheit seinem Körper relativ zur Rotation

eine Drehung um seine eigene Längsaxe in entgegengesetztem Sinne. **Mach** vermehrt nun (Seite 74 Versuch 1) während der Rotation künstlich dieses Trägheitsmoment ein Mal, ein anderes Mal vermindert er es. Die Muskeln, welche das natürliche Trägheitsmoment compensiren, erfahren dadurch im ersteren Fall eine plötzliche Widerstandsvermehrung, werden gedehnt; im zweiten Fall geschieht dies ihren Antagonisten. Jedesmal muss darum der Beobachter sich um seine Längsaxe gedreht fühlen, wie er denn ja auch thatsächlich eine Drehung durch das Trägheitsmoment erfährt; über den Gang des Rotationsapparates kann ihn indessen dies nicht täuschen, denn die beiden wichtigsten Momente zur Perception des Beginns oder der positiven resp. negativen Beschleunigung einer Rotationsbewegung sowie der Richtung derselben: der centrifugale Zug in der Richtung des Radius und die positive oder negative Beschleunigung des Oberkörpers gegen die Füsse bleiben völlig intakt.

11. Befestigt man, wie **Delage** es wollte, an der einen Seite vom Kopfe des Beobachters ein ziehendes Gewicht und lässt dessen Wirkung durch Muskelzug auf der anderen Seite compensiren und beginnt alsdann die Rotation, so ist, wenn das Gewicht vom Centrum wegwirkt, das centrifugale Trägheitsmoment des Rotirten bedeutend vermehrt. Trotzdem wird dies nichts an seinen Empfindungen ändern. Sobald die Drehung anfängt, addirt sich zu dem Gewichtszug die Centrifugalkraft; durch diese Widerstandsvermehrung werden die centralwärts wirkenden Muskeln gedehnt, und zwar genau um dieselbe Länge, wie sie es beim Nichtvorhandensein des Gewichtes wären, denn dieses ist ja schon vorher compensirt. Die nachfolgende Empfindung muss daher dieselbe sein, wenn ein Gewicht da ist, wie wenn es fehlt. Da ferner durch die Compensation des Gewichtes an sich, wie eben bewiesen, keine Bewegungsvorstellung ausgelöst wird, so wird die Rotation nach einiger Zeit ebenso gut vergessen, wie wenn gar keins vorhanden wäre. Beim Anhalten hört die Centrifugalkraft auf zu wirken, die vom Centrum wegziehende Summe von Kräften, Centrifugalkraft plus Gewicht, verringert sich dadurch um die Grösse des ersteren Summanden; die Muskeln ziehen nun mit einer Kraft, genau gleich diesem, den Körper nach dem Centrum — eben dasselbe wäre auch ohne Gewicht der Fall gewesen. Man ersieht hieraus die Ueberflüssigkeit dieses Experimentes. Dasselbe gilt

von einer künstlichen Verminderung des centrifugalen Trägheitsmomentes durch Zug nach dem Centrum zu.

Mit dem Wunsche, dass baldigst die Zahl der bisher über Bewegungsempfindungen angestellten Versuche sich vergrössern möge und in der wohl nicht ganz ungerechtfertigten Hoffnung, dass sie zu Gunsten des Muskelsinnes ausfallen werden, verlasse ich dieses Capitel und wende mich zum Schlusse zu einer eingehenderen Besprechung über

Die Beziehung des Kleinhirns zum Usustatus.

Wir haben zum Verständniss der bisher bekannten Thatsachen aus dem Gebiete der Bewegungsempfindungen, die sämmtlich im Vorhergehenden aufgeführt und erklärt worden sind, die einfache Hypothese aufgestellt und zu begründen versucht, dass durch passive Bewegungen gewisse Muskeln mehr gedehnt werden, als sie es vor dem Eintritt der Bewegungen waren, und dass ihre Antagonisten entspannt werden, indem sich deren Ansatzpunkte einander nähern. Wir haben weiter angenommen, dass durch diese Spannungsänderungen der Anstoss zu einer Bewegungsvorstellung ins Centralorgan gesandt und zweitens eine Wiedercontraction der gedehnten Muskeln auf reflectorischem Wege eingeleitet wird, die den Usustatus wiederherstellt; ein Reflexvorgang, der nur bei der Gefährdung dieses Zustandes in vollem Umfange eintritt, bei passiven Bewegungen eines einzelnen Giedes aber, z. B. des Beines, Kopfes, der Arme, einer Hand, sowie bei allen activen Bewegungen, weil immer seit unendlich vielen Generationen in solchen Fällen vom Willen unterdrückt, nur noch andeutungsweise.

Es handelt sich nun darum, das Reflexcentrum und die Nerven, die zwischen ihm und den Muskeln die Verbindung — motorische wie sensible — herstellen, aufzusuchen.

Dass das Centrum für die Bewegungsvorstellung im Grosshirn und jedenfalls innerhalb des allgemeinen Vorstellungscentrums liegt, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Unser Reflexcentrum kann aber unmöglich im Grosshirn angenommen werden. Jeder Physiologe weiss, dass entgrosshirnte Frösche noch ebensogut ihren Usustatus bewahren, wie normale. Steiner hat gezeigt, dass sie ihn erst verlieren, wenn man auch die Medulla oblongata noch vom Rückenmark trennt, oder gewisse Kleinhirnverletzungen vornimmt. Was die Zwangsbewegungen nach Rotationen betrifft, so machen, wie

ich mich an einer Reihe von Versuchen überzeugt habe, decapitirte Frösche dieselben womöglich noch prompter als gesunde und dasselbe gilt von entgrosshirnten Meerschweinchen. Durchschneidet man Schlangen und Salamandern, die sich wegen ihrer biegsamen Wirbelsäule besonders zu Demonstrationen und Versuchen nach dieser Richtung hin eignen, das Rückenmark unterhalb des Kleinhirns, so erfolgt auch auf starke Rotationen keine Reaction mehr. Durchtrennt man das Rückenmark zwischen den Extremitäten, so reagirt noch die vordere Partie, nicht mehr die hintere.

Daraus folgt, dass auch unterhalb des Cerebellums — man könnte etwa an die verschiedenen Centra der Skelettmuskulatur im Rückenmark denken — der Uebergang des sensiblen Reizes auf die motorische Faser nicht stattfindet, also nur im Kleinhirn selbst vor sich gehen kann. Dies ist also das Reflexcentrum für den Usustatus oder was dasselbe ist, für die Coordination der Bewegungen — denn der Begriff Coordination ist ja nichts als eine Bezeichnung dafür, dass ein Mensch oder Thier sich unter bestimmten Verhältnissen ebenso hält oder bewegt, wie wir es unter den nämlichen Bedingungen an Seinesgleichen zu sehen gewohnt sind, das heisst, dass es sich eben im Usustatus befindet.

Wir kommen also erfreulicher Weise auf diesem neuen Wege zu demselben Resultate, auf das schon seit geraumer Zeit klinische Beobachtungen und Vivisectionsversuche hingewiesen haben. Ob und wie weit die Medulla oblongata an dieser Funktion Theil hat, das zu entscheiden ist vor der Hand nicht möglich, es sind dazu noch eine ganze Reihe jener schwierigen und so wenig lohnenden Versuche, wie man sie zur Durchforschung der anderen Gehirnpartien angestellt hat, nöthig.

Nun die Nervenverbindung. Durch C. Sachs ist die Anwesenheit sensibler Muskelnerven nachgewiesen. Eine passive Muskeldehnung ist nun aber kaum anders zu denken, als auf alle kleinsten Muskeltheilchen, nämlich die Fleischprismen oder Muskelkästchen gleichzeitig sich erstreckend. Ihr Inhalt wird in Bewegung gerathen und unzweifelhaft also dadurch die Endigungen jener gedrückt, gezerrt, oder sonst wie — vielleicht durch chemische Vorgänge — affizirt werden. Dies ist der Reiz. Derselbe wird von zwei verschiedenen Nervenfasergruppen, deren Endigungen er trifft, nach zwei verschiedenen Endstationen geleitet. Einmal durch einen Nervus myaesthetícus ad cerebellum in eine Kleinhirnzelle,

die darauf hin einen motorischen Impuls auf einer myokinetischen Bahn in den Muskel zurücksendet und so die bekannte Recontraction zu Wege bringt. Alsdann durch einen Nervus myaesthetieus ad cerebrum ins Vorstellungscentrum, wo dann die Bewegungsvorstellung zu Stande kommt.

Während gewisse Muskeln durch die Bewegung gedehnt werden, nähern sich die Ansatzpunkte der Antagonisten. Führt man bei einer Leiche dies künstlich aus, so werden die Muskeln, der letzteren Kategorie schlaff und falten sich zusammen, wie ein Tuch, das man zwischen den Händen ausgespannt hält, es thut, sobald man die Hände gegen einander bewegt. Zeigen nun im lebenden Körper die Muskeln dasselbe Verhalten, oder verkürzen sie sich infolge ihrer Elastizität, wenn die Näherung der Ansatzpunkte, zwischen denen sie ausgespannt sind, ihnen dies möglich macht, oder wie verhalten sie sich sonst? Diese Fragen bedürfen noch der Beantwortung durch das Experiment. Ehe sie aber beantwortet sind, kann man sich nicht recht ein Bild von dem Verhalten der sensiblen Nerven in den Muskeln machen, deren Ansatzpunkte durch die Bewegung einander genähert werden. Wir wollen uns daher einstweilen mit der Annahme begnügen, dass bloss eine Dehnung der Muskeln die myaesthetischen Nerven affizire. Diese Annahme genügt für unsere Zwecke vollkommen, und ihre Wahrscheinlichkeit wird auch schwerlich durch eine Aufdeckung des Verhaltens der sensiblen Nerven bei Verkleinerung des Abstandes der Ansatzpunkte alterirt werden können.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Wille sowohl bei Läsionen des Kleinhirns wie auch bei völligem Mangel desselben noch sehr wohl im Stande ist, die Muskeln zu beherrschen und alle activen Bewegungen auszulösen, nur eben die Coordination fehlt. Wir werden also die motorischen Nerven als völlig unabhängig vom Cerebellum durch die Grosshirnschenkel ins Rückenmark und weiterhin in die Muskulatur hinabsteigend anzusehen haben. Der Weg der myokinetischen Fasern sind jedenfalls die Kleinhirnstiele. Es ergiebt sich nach allem Gesagten das auf folgender Seite stehende Schema für den Verlauf der verschiedenen nervösen Bahnen.

Durch diese Auffassung werden nun verschiedene Erscheinungen verständlich und miteinander in Einklang gebracht.

1. Es ist klar, warum Kleinhirnverletzungen den Usustatus

Strom sie daher noch gemeinsam in derselben Richtung und Stä-
treffen wird. Ob man aber einen Nerven im Laufe seiner Ba-
electrisch reizt, oder ob er an seinem Endorgan einen natürlic-
Reiz empfängt, ist bekanntlich ein und dasselbe. Der Strom w-
also die nämliche Folgen haben, wie eine Muskeldehnung; d-
heisst, einmal die Vorstellung auslösen, nach einer bestimm-
Richtung umzufallen und zweitens eine reflectorische Drehung na-
der entgegengesetzten. Dies ist ja also auch wirklich der Fall, w-
der Versuch zeigt. Warum man nach der Kathode hinzuschwank-
meint und nicht nach der Anode; warum überhaupt nach der S-
und nicht etwa nach hinten oder vorn; wie der Strom auf d-
einzelnen Ganglienzellen wirkt, wie auf die myokinetischen Ner-
und die motorischen, die doch so vielfach ihre Richtung gegen d-
seinige wechseln, wie und warum schliesslich sich alle diese Ei-
zelwirkungen gerade zu der einen Gesammtwirkung, die das Exp-
riment lehrt, combiniren, bleibt selbstverständlich der Discus-
wenigstens einstweilen, entzogen. Darin haben aber auch and-
Erklärungsversuche vor dem vorliegenden nichts voraus.

Man hat diese Erscheinung mit dem Namen des electris-
Schwindels belegt; auch sie findet also eine zwanglose Erklär-
durch die neue Theorie, deren Erläuterung und Begründung Ge-
stand vorliegender Abhandlung war, eine Theorie, durch w-
überhaupt eine Reihe bisher einander ganz fern stehender T-
sachen und Erscheinungen in engsten Zusammenhang ko-
Subjective und objective Bewegungserscheinungen, die Zwan-
wegungen nach Kleinhirnverletzungen und indirect nach pa-
logischen Vorgängen im Labyrinth; die Fähigkeit bei Kleinh-
verletzungen trotz mangelnder Coordination alle activen Be-
gungen auszuführen; die Coordination in den Bewegungen de-
tirter Frösche, deren fortwährendes Wiedereinnehmen der norma-
Haltung gesunder, wenn man sie aus derselben herausbringt, z.
auf den Rücken legt; die scheinbare Abnahme eines Druckes a-
eine Hautstelle bei passiven Bewegungen des betreffenden Glie-
der Druckrichtung entgegen; die in der Narkose gesteigerte Fr-
beweglichkeit und Excursionsweite aller Gliedmaassen in ihr-
Gelenken bei passiven Bewegungen.

Möge sich die vorliegende Theorie auch noch nach andere
Richtungen hin fruchtbar erweisen!

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

sie nach Alkoholintoxication nicht selten sein soll und ähnliche Täuschungen.

3. Neuropathologische Processe innerhalb des Nervus myaesstheticus ad cerebrum werden bei sonst gesunder Ganglienzelle natürlich ähnliche Folgen haben können, indem sie derselben Reize übermitteln, die zwar nicht aus der Muskulatur kommen, aber wie alle Reize auf einer sensiblen Bahn, an das periphere Ende verlegt werden, und so zu subjectiven Bewegungsvorstellungen Anlass geben.

4. Wie im Grosshirn, so können selbstredend auch im Kleinhirn pathologische Processe entweder innerhalb der myaesthetischen Bahn oder in der myokinetischen Ganglienzelle selbst auftreten. Sie werden Störungen in der Erhaltung des Usustatus hervorrufen, die dann in Taumeln und Zwangsbewegungen oder Zwangsstellungen ihren Ausdruck finden. Plötzliches Ausser-Funktion-Treten der Ganglienzellen etwa in Folge plötzlicher Anaemie wird ein Zusammenbrechen des Patienten zum Effect haben, wie wir es oft genug bei Ohnmachtsanfällen, Epilepsie und ähnlichen Zuständen beobachten. Es wird dann eben der sensible Reiz, den die passiv durch die Schwere gedehnten Muskeln der Zelle zusenden, nicht mehr von dieser in einen motorischen Impuls umgesetzt, die Dehnung also auch nicht sistirt und das Fallen unvermeidlich.

5. Ritter, Purkyné und neuerdings Hitzig haben das Verhalten des Körpers bei Durchleitung eines galvanischen Stromes von Ohr zu Ohr beobachtet. Man empfindet dabei ein Umfallen nach dem negativen Pol, während eine wirkliche Bewegung nach dem positiven Pol stattfindet.

Wir haben angenommen, dass die motorischen Nerven wie die myaesthetischen ad cerebrum direct zwischen Grosshirn und Muskeln vermitteln; sie gehen also jedenfalls durch die Grosshirnschenkel; die myokinetischen und myaesthetischen ad cerebellum treten durch die Kleinhirnstiele ein und aus. Ein electrischer Strom, der zwischen den beiden fossae mastoideae circulirt, muss aber nothwendig Cerebellum, Kleinhirnstiele und Grosshirnschenkel gleichzeitig passiren, er trifft also myaesthetische Nerven ad cerebrum und cerebellum, motorische und myokinetische. Die beiden myaesthetischen Nerven, oder richtiger wohl Nervenfasergruppen verlassen ihren Muskel sicher in gemeinsamer Scheide; es ist höchst wahrscheinlich, dass sie bis zu ihrer Trennung an den Abzweigungsstellen der Gehirnstiele nebeneinander verlaufen und dass der electrische

Strom sie daher noch gemeinsam in derselben Richtung und Stärke treffen wird. Ob man aber einen Nerven im Laufe seiner Bahn electrisch reizt, oder ob er an seinem Endorgan einen natürlichen Reiz empfängt, ist bekanntlich ein und dasselbe. Der Strom wird also die nämliche Folgen haben, wie eine Muskeldehnung; das heisst, einmal die Vorstellung auslösen, nach einer bestimmten Richtung umzufallen und zweitens eine reflectorische Drehung nach der entgegengesetzten. Dies ist ja also auch wirklich der Fall, wie der Versuch zeigt. Warum man nach der Kathode hinzuschwanken meint und nicht nach der Anode; warum überhaupt nach der Seite und nicht etwa nach hinten oder vorn; wie der Strom auf die einzelnen Ganglienzellen wirkt, wie auf die myokinetischen Nerven und die motorischen, die doch so vielfach ihre Richtung gegen die seinige wechseln, wie und warum schliesslich sich alle diese Einzelwirkungen gerade zu der einen Gesammtwirkung, die das Experiment lehrt, combiniren, bleibt selbstverständlich der Discussion, wenigstens einstweilen, entzogen. Darin haben aber auch andere Erklärungsversuche vor dem vorliegenden nichts voraus.

Man hat diese Erscheinung mit dem Namen des electrischen Schwindels belegt; auch sie findet also eine zwanglose Erklärung durch die neue Theorie, deren Erläuterung und Begründung Gegenstand vorliegender Abhandlung war, eine Theorie, durch welche überhaupt eine Reihe bisher einander ganz fern stehender Thatsachen und Erscheinungen in engsten Zusammenhang kommt: Subjective und objective Bewegungserscheinungen, die Zwangsbewegungen nach Kleinhirnverletzungen und indirect nach pathologischen Vorgängen im Labyrinth; die Fähigkeit bei Kleinhirnverletzungen trotz mangelnder Coordination alle activen Bewegungen auszuführen; die Coordination in den Bewegungen decapitirter Frösche, deren fortwährendes Wiedereinnehmen der normalen Haltung gesunder, wenn man sie aus derselben herausbringt, z. B. auf den Rücken legt; die scheinbare Abnahme eines Druckes auf eine Hautstelle bei passiven Bewegungen des betreffenden Gliedes der Druckrichtung entgegen; die in der Narkose gesteigerte Freibeweglichkeit und Excursionsweite aller Gliedmaassen in ihren Gelenken bei passiven Bewegungen.

Möge sich die vorliegende Theorie auch noch nach anderen Richtungen hin fruchtbar erweisen!

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

